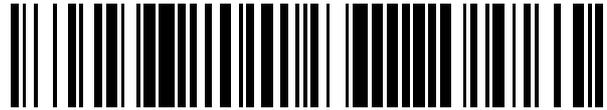


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 529 697**

51 Int. Cl.:

**C23C 2/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2008 E 08761863 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014 EP 2240620**

54 Título: **Procedimiento de galvanización por inmersión de una banda de acero**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.02.2015**

73 Titular/es:

**SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES SAS  
(100.0%)  
51 RUE SIBERT  
42403 SAINT CHAMOND, FR**

72 Inventor/es:

**BARJON, STÉPHANE;  
GRENIER, BENJAMIN y  
D'HALLUIN, ARNAUD**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 529 697 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 galvanización por inmersión de una banda de acero

La presente invención concierne a un procedimiento de galvanización por inmersión de una banda de acero según el preámbulo de la reivindicación 1.

5 La galvanización por inmersión de bandas de acero laminado que se desplazan continuamente, es una técnica conocida que contiene esencialmente dos variantes, en una la banda sale de un horno de galvanización, desciende oblicuamente a un baño de metal líquido que contiene por lo menos un metal adaptado a la galvanización como pueden ser el zinc o el aluminio y se encuentra después en deflexión verticalmente y hacia arriba por un rodillo sumergido en dicho baño de metal líquido. La otra variante consiste en la deflexión de la banda verticalmente y hacia  
10 arriba a su salida del horno y hacerla después desplazar en un canal vertical que contiene zinc líquido sustentado magnéticamente. El baño de metal líquido es una aleación de zinc con proporciones variables de aluminio o de magnesio o de manganeso. Por razones de claridad aquí sólo será descrito el caso de una aleación de zinc y de aluminio.

15 En ambos casos, la operación tiene por objeto crear en la superficie de la banda de acero un depósito continuo y adherente de una mezcla líquida de zinc y de aluminio en el cual se desplaza dicha banda. Los expertos en la materia conocen la cinética de formación de este depósito, ya que ha sido objeto de numerosas publicaciones entre las cuales está « Modelling of galvanizing reactions » de Giorgi y otros, en « La Revue de Métallurgie – CIT » de octubre de 2004. Esta documentación establece que al contacto con la mezcla líquida se produce una disolución de hierro procedente de la banda de acero que, por una parte, participa en la formación, sobre la superficie de la banda,  
20 de una capa de combinación de aproximadamente  $0,1 \mu$  de compuesto  $Fe_2Al_5Zn_x$  y, por otra parte, difunde hacia el baño de mezcla líquida tanto que la capa de  $Fe_2Al_5Zn_x$  no se forma de manera continua. La capa de  $Fe_2Al_5Zn_x$  sirve de soporte a la capa final protectora de zinc aunque el hierro disuelto va a contribuir a formar en la mezcla líquida los precipitados de compuestos de hierro Fe, de aluminio Al y de zinc Zn denominados « matas » o « dross » (escoria). Estos precipitados bajo la forma de partículas de algunos micrones hasta algunas decenas de micrón, pueden causar sobre la banda revestida (galvanizada) los defectos de apariencia que pueden ser redhibitorios, en particular cuando se trata de bandas de chapas destinadas a formar partes aparentes de las carrocerías de los automóviles. Los especialistas en siderurgia han dedicado muchos esfuerzos con el fin de limitar o de eliminar el dross de los baños de galvanización. El fenómeno de formación del dross es conocido por los expertos en la materia a través, por ejemplo, de publicaciones como « Numerical simulation of the rate of dross formation in continuous galvanizing baths » de Ajersch y otros. Según la temperatura de un baño de zinc líquido y su contenido de aluminio, la cantidad de hierro capaz de ser disuelta varía en límites bastante amplios. Cuando el contenido en hierro sobrepasa el límite de solubilidad, se vuelve posible la nucleación y el engrosamiento de los compuestos definidos Fe-Al-Zn. En los procedimientos habituales de galvanización en continuo, un baño de revestimiento que contiene la mezcla líquida que hay que depositar sobre la banda siempre esta saturada de hierro, de lo que resulta que todo el hierro disuelto a partir de la banda y difundido en la mezcla líquida se encuentra en seguida disponible para la creación in situ de  
35 dross.

40 Entre los medios contemplados para intentar controlar el dross o, por lo menos, reducir su cantidad en la cuba de revestimiento, desde hace tiempo se puso en funcionamiento el desespumado manual de la superficie de la mezcla líquida. Este procedimiento, que con razón se considera peligroso para los operadores, se ha proyectado mecanizar y después robotizar esta operación de desespumado como lo describe JP 2001-064760.

Otras técnicas diversas que proceden por desbordamiento, bombeo o eyección han sido contempladas con el fin de evacuar el dross formado en la cuba de revestimiento. Así, EP 1 070 765 describe una serie de variantes de una instalación de galvanización que contiene, además de la cuba de revestimiento, en la cual se forman el dross, una cuba auxiliar hacia la cual van a ser evacuado el dross.

45 De manera más elaborada, EP 0 429 351 describe un procedimiento y un dispositivo que pretenden organizar una circulación de la mezcla líquida entre una zona de revestimiento de la banda metálica y una zona de depuración del baño de galvanización que contiene zinc líquido, asegurar la separación del dross en la zona de depuración y después devolver hacia la zona de revestimiento la mezcla líquida « cuyo contenido en hierro es parecido o inferior al límite de solubilidad ». Sin embargo, si los principios físicos puestos en juego están bien descritos, este documento no da ninguna indicación que le permita al especialista ponerlos en práctica, en particular los de cómo controlar de manera simultánea un enfriamiento por un intercambiador de calor y un recalentamiento por inducción de la misma zona de depuración. Tampoco se da ninguna indicación sobre el medio de determinar un caudal de circulación del zinc líquido.

55 El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento de galvanización por inmersión de una banda de acero en una mezcla líquida, para lo que esta térmicamente optimizado un circuito de circulación de la mezcla líquida.

Este procedimiento puede así ser puesto en funcionamiento a través del método propuesto en la reivindicación 1.

Con el fin de poder ilustrar más claramente los aspectos del procedimiento propuesto según la invención, de una instalación de galvanización por inmersión de una banda de acero en una mezcla líquida y una de sus variantes, que permiten la puesta en funcionamiento del procedimiento son presentadas con la ayuda de las figuras 1 y 2:

5 Figura 1 Diagrama esquemático de la instalación para implementar el procedimiento,

Figura 2 Diagrama esquemático de una variante de la instalación para implementar el procedimiento.

La **figura 1** muestra un diagrama esquemático de la instalación para la puesta en funcionamiento del procedimiento según la invención. Una banda de acero (1) se introduce en la instalación, preferentemente en desplazamiento continuo, oblicuamente en una cuba de revestimiento (2) a través de un conducto de conexión con un horno de galvanización (3) (no representado corriente arriba de la cuba de revestimiento). La banda se desvía verticalmente por un rodillo (4) y atraviesa una mezcla líquida de revestimiento (5) contenida en dicha cuba de revestimiento. La deflexión de la banda se puede realizar por medio de un rodillo (4) horizontal que acompaña el desplazamiento de la banda. Un canal (6) permite la salida del exceso de mezcla líquida hacia un dispositivo de preparación (7) que consta de dos zonas, una primera zona (71) en la que se asegura la fusión de por lo menos un lingote de aleación Zn-Al (8) en cantidad necesaria para compensar la mezcla líquida consumida por el depósito sobre la banda en la cuba de revestimiento y durante las pérdidas inevitables (materiales), y una segunda zona (72) secuencialmente yuxtapuesta a la primera zona y siguiendo una dirección de la vía de flujo de la mezcla líquida (cuba de revestimiento hacia la primera zona y después la segunda zona). Estas dos zonas se pueden localizar en la misma cuba como se indicada en la figura 1 y después se separan por un dispositivo de separación (73), como una pared abierta en su parte central o pueden estar constituidas por dos cubas separadas situadas una al lado de la otra. Entre estas dos cubas separadas y situadas una al lado de la otra, la mezcla líquida puede también ser trasladada por un bombeo o por un canal de enlace. El nivel de la entrada de bombeo a la primera zona (71) o el nivel de entrada del canal de enlace están ventajosamente situados entre la zona superior de decantación del dross de superficie (81) y la zona inferior de sedimentación del dross de fondo (82) es decir en el tercio medio de la altura de la zona (71). En efecto, a esta altura media del dispositivo de preparación, el procedimiento según la invención prevé que sea posible aislar un intersticio libre de dross entre las dos zonas inferior y superior de acumulación (gradualmente crecientes según la dirección de flujo (FL)) de dicho dross (81, 82).

La mezcla líquida que proviene de la cuba de revestimiento está a una temperatura suficientemente elevada para la fusión del lingote. El consumo de energía para la fusión del lingote conduce a un enfriamiento de la mezcla líquida que causa la formación de dross en la superficie (81) y en el fondo (82) retenido en las partes estancadas corriente abajo en el dispositivo de separación (73). Entre la cuba de revestimiento y el dispositivo de preparación puede también estar dispuesto un medio de enfriamiento complementario (62) con el fin del enfriamiento por consumo de los lingotes, por ejemplo sobre su canal (6) de enlace. La segunda zona (72) del dispositivo de preparación recibe así una mezcla líquida depurada que puede ser recalentada por un medio de calentamiento (75) preferentemente por inducción. Una tubería (9) recupera la mezcla líquida en la segunda zona (72) y, en el caso de la figura 1, bajo la acción de un dispositivo de bombeo (10) y de una tubería como vía de reflujo (11) realimenta la cuba de revestimiento (2) a través de una canaleta (12) siguiendo el caudal de la mezcla líquida depurada. Los dispositivos como, por ejemplo, los sistemas de desespumar o de bombeo permiten evacuar el dross fuera del dispositivo de preparación (primera zona (71)). Ventajosamente, la primera zona (71) del dispositivo de preparación puede estar compuesta de divisiones que aíslan las partes de la mezcla líquida dispuestas entre varios lingotes (8), secuencialmente dispuestos en dirección a la vía de flujo. Éstos se pueden realizar por medio de una pared abierta en su parte mediana, permitiendo así concentrar el dross de fondo (82) y de superficie (81) lingote por lingote con arreglo a su contenido de aluminio.

Con referencia a la fusión del lingote, la primera zona (71) del dispositivo de preparación contiene ventajosamente varios lingotes ( $8_1, 8_2, \dots, 8_n$ ) entre los que por lo menos dos tiene diferentes contenidos de aluminio y entre los que por lo menos uno de los lingotes tiene un contenido superior al contenido requerido por la mezcla líquida en el dispositivo de preparación. Además, la primera zona (71) del dispositivo de preparación contiene un medio de regulación del caudal de fusión de por lo menos dos lingotes, idealmente por inmersión o por retirada selectiva de por lo menos un lingote en la primera zona (71). Por último, el primer compartimiento del dispositivo de preparación puede contener un medio de regulación (6, 62) de una disminución de la temperatura predefinida (T2, T3) de la mezcla líquida, en el que los lingotes se fusionan, idealmente así realizan inicialmente por inmersión o retiradas selectivas de por lo menos un lingote en la primera zona (71).

Desde esta perspectiva, la fusión continua de los lingotes (8) en el dispositivo de preparación (71) asegura el caudal total de fusión de por lo menos dos lingotes. Es entonces ventajoso que una pluralidad de n lingotes sumergidos simultáneamente en el baño de mezcla líquida tuvieran cada uno un contenido de aluminio diferente y por lo menos uno de ellos tenga un contenido de aluminio superior a un contenido requerido en el dispositivo de preparación con el fin de poder establecer un perfil de contenido (o un caudal de fusión) variable según el tiempo. Este contenido

5 requerido es determinable por si mismo a partir del consumo de aluminio medido o estimado en la cuba de revestimiento, en la capa del compuesto  $Fe_2Al_5Zn_x$  formado en la superficie de la banda y en el dross formado en el dispositivo de preparación. Ventajosamente, el caudal de fusión de cada uno de los n lingotes es por eso controlable individualmente de manera que se ajuste el contenido de aluminio en el dispositivo de preparación al contenido requerido mientras se mantiene la velocidad total de fusión requerida.

10 La fusión continúa de los lingotes en el dispositivo de preparación provoca localmente un enfriamiento de la mezcla líquido de la segunda temperatura (salida de la cuba de revestimiento) a una temperatura predeterminada en la primera zona (71) con vistas a bajar el umbral de solubilidad del hierro y permitir la formación localizada de dross en dicho dispositivo de preparación hasta una competencia del umbral de solubilidad a la temperatura predeterminada. El dross denominada « de superficie » que tiene un alto contenido de aluminio se forma entonces preferentemente en la proximidad de los lingotes sumergidos que tienen un alto contenido de aluminio y después se decantan hacia la superficie y el dross denominado « de fondo » que tiene un alto contenido de zinc se forma preferentemente en la proximidad de los lingotes sumergidos que tienen un bajo contenido de aluminio y después se sedimentan en el fondo.

15 Después de la formación de dross, el caudal de renovación de la mezcla líquida que entra en la cuba de revestimiento con un contenido en hierro igual al umbral de solubilidad del hierro en la temperatura predeterminada permite limitar el aumento del contenido en hierro disuelto por debajo del umbral de solubilidad a la segunda temperatura.

20 El dispositivo de preparación (7) puede así estar compuesto de una sola cuba que contiene dos zonas (71, 72) separadas por una pared de separación (73), la primera zona asegura la fusión de los lingotes y la localización de la formación de dross, la segunda zona recibe la mezcla líquida purificada. En este caso, la segunda zona esta equipada de un único y simple medio de calentamiento por inducción (75) que asegura el recalentamiento de la mezcla líquida purificada antes de su vuelta a la cuba de revestimiento, de manera que asegura un acordonamiento térmico de la vía de reflujo al final de la vía de flujo hasta el comienzo de una vía de un nuevo flujo. Las dos zonas (71) y (72) pueden también estar en dos cubas separadas unidas por un canal de enlace.

25 La **figura 2** muestra un diagrama esquemático de la instalación según la figura 1 por la que la cuba de revestimiento inicial esta subdividida en una primera cuba de deflexión (15) de la banda (sin mezcla líquida) y en una cuba de revestimiento (13) que comprende un baño de mezcla líquida (5) mantenido por levitación magnética. Principalmente, la presente instalación pone así en funcionamiento una variante del procedimiento en el que el baño de mezcla líquida (5) se mantiene por levitación magnética en una cuba de revestimiento (13) unido al dispositivo de preparación tal como muestra la figura 1. El efecto de levitación se asegura, de manera conocida, por medio de dispositivos electromagnéticos (14). Un compartimento (15) asegura el enlace con el horno y la deflexión de la banda (1) por el rodillo (4).

30 Por razones de claridad y siguiendo el ejemplo de la figura 1, los principales objetivos del procedimiento según la invención también se ilustran a través de la figura 3:

Figura 3 Reparto de la temperatura, de los contenidos de aluminio y de hierro disuelto en el circuito de la instalación.

35 La **Figura 3** presenta en su parte superior un ejemplo simplificado de la instalación según la figura 1, presentando los principales elementos ya enunciados (cuba de revestimiento 2 y su entrada 12 para el reflujo de la mezcla líquida, lingotes 8, dispositivo de preparación 7, cuba de fusión de los lingotes en la primera zona 71, cuba de depuración en la segunda zona 72 y su salida 11, medio de calentamiento 75) que permiten una mejor interpretación para la puesta en funcionamiento del procedimiento según la invención.

40 Bajo el esquema de la instalación se representan también tres perfiles de repartición - en la temperatura T, en el contenido de aluminio Al% y en el contenido de hierro disuelto Fe% asociado con un umbral de solubilidad del hierro SFe - que se obtienen para la puesta en funcionamiento del procedimiento según la invención. Los perfiles representados varían así en función del emplazamiento considerado siguiendo una dirección de vía de flujo desde la entrada 12 de la cuba de revestimiento 2 hasta la salida 11 de la cuba de depuración 72. Es necesario tener en cuenta que la salida 11 esta acoplada a la entrada 12 por medio de una vía de reflujo de la mezcla líquida, distinta de y opuesta a la vía de flujo. La invención permite así alinear los valores de los perfiles entre la entrada y la salida así como entre las diferentes cubas en la vía de flujo, con el fin de realizar un acordonamiento térmico cerrado así como un mantenimiento preciso de los contenidos pretendidos de aluminio y de hierro (bajo un umbral de solubilidad adecuado siguiendo la temperatura dada).

45 La mezcla líquida en la cuba de revestimiento (2) en la proximidad de la banda para inmersión esta fija en dicha segunda temperatura ( $T_2$ ). A la entrada (12) de la cuba de revestimiento (2) distinta de la zona de inmersión, la temperatura puede ser menos elevada que la segunda temperatura ( $T_2$ ), porque proviene de la salida 11 de la cuba de depuración (72) y de la vía de reflujo donde es inevitable una pérdida térmica, pero que no tiene consecuencias

sobre el procedimiento. En efecto, por la inmersión de la banda en la mezcla líquida de la cuba de revestimiento, está previsto que la banda este a dicha primera temperatura más elevada que la segunda temperatura referida ( $T_2$ ), por lo que es ventajosamente posible alcanzar sin dificultad esta segunda temperatura ( $T_2$ ), porque la banda actúa por transferencia térmica en el baño de mezcla líquida. La segunda temperatura referida ( $T_2$ ) de la mezcla líquida de salida de la cuba de revestimiento - y por lo tanto en la entrada en la primera zona (71) - se elige además suficientemente elevada para permitir una fusión de los lingotes (8).

El consumo de energía necesario para la fusión de los lingotes (8) en la primera zona (71) del dispositivo de preparación (7) provoca una disminución de la segunda temperatura ( $T_2$ ) de la mezcla líquida que proviene de la cuba de revestimiento hasta un valor pretendido, denominado tercera temperatura ( $T_3$ ). En la segunda zona (72) del dispositivo de preparación (7), el medio de calentamiento (75) aporta, si es necesario, una potencia ( $\Delta P = PZ - PB$ ) que remonta la temperatura de la mezcla líquida de la tercera temperatura ( $T_3$ ) a una cuarta temperatura ( $T_4 < T_2$ ) que con más razón es escogida suficientemente elevada para responder a las pérdidas sobre la vía de reflujo y las exigencias de temperatura a la entrada (12) de la cuba de revestimiento. Por lo tanto el acordonamiento térmico se consigue así simplemente. Sólo la banda y, en su caso, el medio de calentamiento (75), regula el procedimiento térmico por aportación de energía. Si no se requiere ninguna aportación de energía en la salida de la cuba de depuración (72), el medio de calentamiento (75) se inactiva.

Entre la entrada (12) y la salida de la cuba de revestimiento (2) hacia la primera zona (71), el contenido de aluminio ( $Al\%$ ) de la mezcla líquida, en cuanto a ella, sufre un descenso ( $Al_c$ ) en función de un caudal de pérdida en una capa de combinación y pasa de un primer contenido ( $Al_i$ ) (contenido de aluminio de la mezcla líquida resultante de los lingotes fundidos en el dispositivo de preparación, después por depuración (la segunda zona 72) y reflujo, contenido de aluminio de la mezcla líquida recalificado hacia la entrada (12) de la cuba de revestimiento) a un segundo contenido ( $Al_v$ ) en la salida de la cuba de revestimiento (2). Después del paso de la salida de la cuba de revestimiento (2), la fusión controlada de los lingotes permite una subida ( $Al_1$ ) del contenido de aluminio (o un caudal que sigue una unidad de tiempo) hasta un contenido ( $Al_m$ ) de la mezcla líquida en la salida de la primera zona (71). Este último contenido ( $Al_m$ ), no obstante, debe ser interpretado como virtual, porque correlativamente a la aportación de aluminio por los lingotes, una parte del aluminio se consume inevitablemente con la aparición de dross que genera una disminución real ( $Al_d$ ) del contenido de aluminio según el caudal hasta alcanzar el contenido de aluminio ( $Al_i$ ) en la cuba de depuración (segunda zona 72) necesaria (e igual) al contenido de aluminio a la entrada 12 del reflujo a la cuba de revestimiento.

En la cuba de revestimiento (2) y bajo el efecto de las variaciones de temperatura y del contenido de aluminio, el umbral de solubilidad del hierro ( $SFe$ ) en la mezcla líquida es casi-estable a un valor ( $SFe T_2$ ) a la segunda temperatura ( $T_2$ ), después disminuye considerablemente hasta un valor ( $SFe T_3$ ) a la tercera temperatura ( $T_3$ ) en la zona de fusión de los lingotes y sufre un realce a un valor ( $SFe T_4$ ) a la cuarta temperatura ( $T_4$ ) en la zona del medio de calentamiento (75) antes del retorno a la cuba de revestimiento (2).

El contenido de hierro ( $Fe\%$ ) de la mezcla líquida crece a su vez en la cuba de revestimiento (2) hasta un nivel que es inferior al umbral de solubilidad del hierro ( $SFe T_2$ ) de la mezcla líquida en la segunda temperatura ( $T_2$ ) y se mantiene así hasta la precipitación de dross en la primera zona (71) de fusión de los lingotes, para alcanzar un valor igual a un umbral de saturación del hierro ( $SFe T_3$ ) de la mezcla líquida en la tercera temperatura ( $T_3$ ) de esta primera zona. Una zona rayada (Dross) del diagrama, entre las curvas de variación del contenido de hierro ( $Fe\%$ ) y el umbral de solubilidad del hierro ( $SFe$ ) de la mezcla líquida, permite situar el ámbito de precipitación de dross. Finalmente, en la segunda zona de depuración (72), el umbral de solubilidad del hierro ( $SFe$ ) de la mezcla líquida sube a un valor más alto ( $SFe T_4$ ) a la cuarta temperatura ( $T_4$ ) (mayor que en la primera zona 71). Se evita entonces localmente una precipitación de dross con el fin de que la mezcla líquida en la cuba de depuración queda depurada y pueda ser refluída hacia la entrada de la cuba de revestimiento (2) libre de todo dross.

Además de las figuras precedentes se proporcionan figuras complementarias con el fin de presentar y comprender mejor el procedimiento según la invención:

Figura 4 diagrama de solubilidad del hierro ( $Fe\%$ ) en la mezcla líquida en función de la temperatura ( $T$ ) y del contenido en aluminio ( $Al\%$ ),

Figura 5 detalle del diagrama de solubilidad del hierro ( $Fe\%$ ) en la mezcla líquida en función de la temperatura ( $T$ ) para un contenido de aluminio dado ( $Al\% = 0.19\%$ ),

Figura 6 diagrama de variaciones de potencia ( $PB$ ) suministrada a la mezcla líquida por la banda de acero en desplazamiento y de potencia requerida ( $PZ$ ) para asegurar la fusión de la mezcla líquida en la cuba de revestimiento (2),

La **figura 4** muestra que, para una temperatura dada (aquí entre  $T = 440$  y  $T = 480^\circ C$ ), un límite de solubilidad del hierro ( $Fe\%$ ) en la mezcla líquida Zn-Al aumenta cuando el contenido de aluminio ( $Al\%$ ) disminuye y, con un

contenido de aluminio dado, aumenta con la temperatura. Por lo tanto existen dos medios de acción para controlar el límite de solubilidad del hierro: variar el contenido de aluminio o la temperatura de la mezcla líquida.

La **figura 5** muestra una evolución en el límite de solubilidad (Fe%) en función de la temperatura (T) para un contenido de aluminio (Al%) de 0,19 %. A una temperatura  $T = 470$  °C (punto A) del baño de revestimiento (2), el límite de solubilidad del hierro (Fe%) es del orden del 0,015 %. A una temperatura  $T = 440$  °C (punto B) más baja que el contenido habitual, el límite de solubilidad del hierro (Fe%) es del orden de 0,07 %. Una mezcla líquida saturada o próxima al límite de saturación a la temperatura de trabajo de 470 °C ve así su límite de solubilidad dividida entre 2 a 440 °C. En el caso donde es posible recuperar todo el dross producido a partir del hierro puesto fuera de la solución a esta temperatura de 440 °C, un contenido de hierro restante disuelto es disminuido al 0,07 %. Un recalentamiento a 470 °C a partir de este estado permite por lo tanto, sin precipitar el dross, disolver el 0,08 % de hierro suplementario procedente de la banda que hay que revestir.

La **figura 6** muestra las variaciones de potencia aportada (PB) a la mezcla líquida por la banda de acero en desplazamiento y la potencia requerida (PZ) para asegurar la fusión de la mezcla consumida en la cuba de revestimiento (2). Estas potencias (PB, PZ) están limitadas por dos datos específicos de las instalaciones de galvanización en continuo: de una parte la potencia de calentamiento del horno (no representado en la figura 1, sino colocado corriente arriba de la cuba de revestimiento) y de otra parte la velocidad máxima por la que un escurrido de la banda sigue siendo eficaz. A título de ejemplo, estos límites son del orden de 100 toneladas de banda tratada por hora para un horno (corriente abajo de la entrada de la banda en la cuba de revestimiento) y de un poco más de 200 m/mn de velocidad de banda para un escurrido (en la salida de la banda fuera de la cuba de revestimiento). En el ejemplo representado, para un ancho de banda (L) igual a 1200 mm a una temperatura de la banda de 485 °C, la curva (en punteado) de potencia denominada también de "banda" (PB) sube de forma continua en función del espesor (E) de la banda hasta un intervalo correspondiente a los límites de calentamiento del horno. La curva (línea continua) de potencia requerida (PZ) inicialmente está limitada por la velocidad máxima de desplazamiento de la banda, limitada ella misma por la velocidad máxima de escurrido y después disminuye progresivamente. Para un espesor de banda (E) de 1,2 mm y un espesor de revestimiento de 15  $\mu\text{m}$ , la potencia aportada (PB) por la banda es inferior a la potencia requerida (PZ) para la fusión del zinc ( $PZ > PB$ ) y deberá ser así aportada una desviación de potencia ( $\Delta P$ ) mediante el calentamiento de la mezcla líquida en circulación, en particular antes de que regrese a la cuba de revestimiento (2). Esta diferencia de potencia por lo tanto se entiende aquí como un aporte de potencia necesaria ( $\Delta P > 0$ ). El caso de una retirada en potencia ( $\Delta P < 0$ ) es por supuesto también posible, en cuyo caso, por lo menos uno de los parámetros generadores de potencia (temperatura del horno, velocidad de la banda, etc.) deberá ser modificado con el fin de disminuir la potencia aportada (PB) a la mezcla líquida asegurando una fusión de la mezcla consumida en la cuba de revestimiento (2). Un sistema de enfriamiento, llegado el caso, también puede ser acoplado a la cuba de revestimiento.

A partir de las figuras precedentes, es posible entonces proponer un procedimiento según la invención, es decir un procedimiento de galvanización por inmersión de una banda (1) de acero laminado en desplazamiento continuo, para lo que la banda se sumerge en una cuba de revestimiento (2) que contiene un baño de mezcla líquida (5) de metal, como zinc (Zn) y aluminio (Al), a deponer sobre la banda puesta en circulación permanente entre dicha cuba de revestimiento y un dispositivo de preparación (7) en el que la temperatura de la mezcla líquida es voluntariamente bajada con el fin de disminuir el umbral de solubilidad del hierro y suficientemente elevada para activar, en dicho dispositivo de preparación, una fusión de por lo menos un lingote Zn-Al (8) en cantidad necesaria para compensar la mezcla líquida consumida por depósito sobre la banda y las pérdidas inevitables (del orden del 5 %).

Dicho procedimiento implica las etapas siguientes:

- determinar una primera potencia (PB) proporcionada por la banda de acero que entra a una primera temperatura ( $T_1$ ) en el baño de la mezcla líquida de la cuba de revestimiento, dicho baño está él mismo estabilizado a una segunda temperatura predeterminada ( $T_2$ ) inferior a la primera temperatura ( $T_1$ ),

- determinar una segunda potencia (PZ) necesaria para mantener la mezcla líquida a la segunda temperatura predeterminada ( $T_2$ ) y comparar esta segunda potencia con la primera potencia (PB) aportada por la banda,

- si la primera potencia (PB) es mayor que la segunda potencia (PZ), se atribuye una consigna de disminución a la primera temperatura ( $T_1$ ) de la banda,

- si la primera potencia (PB) es inferior o igual a la segunda potencia (PZ), determinar una energía necesaria para la fusión continua, en el dispositivo de preparación, del lingote (8) en cantidad necesaria para compensar la mezcla líquida consumida por depósito en la banda así como cualquier otra pérdida aditiva,

ajustar un caudal de circulación ( $Q_2$ ) de la mezcla líquida entre la cuba de revestimiento y el dispositivo de preparación con el fin de proporcionar la energía necesaria para la fusión continua del lingote (8) manteniendo la

temperatura de la mezcla líquida en el dispositivo de preparación a la tercera temperatura predeterminada ( $T_3$ ) inferior a la segunda temperatura predeterminada ( $T_2$ ),

- 5 - ajustar una cuarta temperatura ( $T_4$ ) de la mezcla líquida en la salida (9) del dispositivo de preparación con el fin de aportar un complemento de potencia ( $\Delta P = PZ - PB$ ) necesaria para un equilibrio térmico entre dicha salida y una entrada de alimentación (12) de la cuba de revestimiento, dicha entrada es alimentada por la salida (9).

10 De este modo, el procedimiento permite un caudal de circulación de la mezcla líquida continua y secuencialmente sobre una vía de flujo entre la entrada de la cuba de revestimiento y la salida del dispositivo de preparación y después sobre una vía idéntica de reflujo, inversa y distinta a la vía de flujo. Este caudal de circulación también está térmicamente optimizado, porque está bucleado secuencialmente (flujo, reflujo) para que cada cambio de calor necesario sea controlado con precisión.

15 El control de la segunda temperatura ( $T_2$ ) y del contenido pretendido de aluminio ( $Al_v$ ), permite el control del umbral de solubilidad ( $S_{Fe T_2}$ ) del hierro a la segunda temperatura ( $T_2$ ) en el baño (cuba de revestimiento) a un nivel que, teniendo en cuenta el caudal de disolución del hierro ( $Q_{Fe}$ ) esperado en la cuba de revestimiento, el contenido global de hierro ( $Fe_2$ ) se mantenga inferior al umbral de solubilidad del hierro ( $S_{Fe T_2}$ ) a la segunda temperatura ( $T_2$ ). De ese modo, la cuba de revestimiento queda libre de todo dross, y el revestimiento presenta una calidad intachable. Con este fin, por medio de un arreglo de la segunda temperatura ( $T_2$ ) y del contenido pretendido de aluminio ( $Al_v$ ), un umbral de solubilidad ( $S_{Fe T_2}$ ) del hierro en la segunda temperatura ( $T_2$ ) en la mezcla líquida de la cuba de revestimiento se controla a un nivel tal que, teniendo en cuenta el caudal de disolución del hierro ( $Q_{Fe}$ ) esperado en la cuba de revestimiento, el contenido global de hierro ( $Fe_2$ ) se mantiene inferior al umbral de solubilidad del hierro ( $S_{Fe T_2}$ ) en la segunda temperatura ( $T_2$ ).

20 Es preferible que la fusión continua de los lingotes se asegure a un caudal total de fusión ( $V_m$ ) de por lo menos dos lingotes.

25 Con respecto a la fusión, como en la figura 1 (o 2), un número variable ( $n$ ) de lingotes puede ventajosamente sumergirse de modo selectivo y simultáneamente en el baño de mezcla líquida. Los lingotes tienen preferentemente cada uno un contenido de aluminio ( $Al_1, Al_2, \dots, Al_n$ ) diferente unos de los otros y por lo menos uno de los lingotes consta de un contenido de aluminio superior a un contenido requerido ( $Al_i$ ) en el dispositivo de preparación (en particular en la segunda zona 72 que comprende la mezcla depurada). De esa manera, un mantenimiento o una obtención de un valor pretendido del contenido de aluminio en las zonas del dispositivo de preparación pueden ser realizadas más flexiblemente y más precisamente.

30 Para esta pluralidad ( $n$ ) de lingotes, puede también ser controlada individualmente una velocidad de inmersión ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) de cada uno de los ( $n$ ) lingotes, para ajustar dinámicamente el contenido de aluminio en el dispositivo de preparación al contenido requerido ( $Al_i$ ) manteniendo la velocidad (= caudal) total de fusión ( $V_m$ ) requerido.

35 Llegado el caso, se puede activar un medio de enfriamiento de la mezcla líquida de la segunda temperatura ( $T_2$ ) a la tercera temperatura ( $T_3$ ) en el dispositivo de preparación como sistema de complemento del conjunto de enfriamiento realizado para la fusión de los lingotes. Tal medio de enfriamiento complementario permite así proporcionar una mejor flexibilidad de guiado del procedimiento según la invención.

40 Se puede realizar ventajosamente una compartimentación entre los lingotes siguiendo su contenido respectivo de aluminio, con el fin de separar los diferentes tipos de dross, en el que dicho dross « de superficie » que tiene un alto contenido en aluminio se forma preferentemente en la proximidad de los lingotes sumergidos que tienen un fuerte contenido de aluminio y los denominados dross « de fondo » que tienen un débil contenido de aluminio se forman preferentemente en la proximidad de los lingotes sumergidos que tienen un débil contenido de aluminio. Esta compartimentación se puede realizar simplemente por adición de divisiones dispuestas entre los lingotes en superficie y en el fondo de la primera zona (71).

45 El método según la invención prevé que un caudal necesario de zinc líquido, es decir también de renovación de la mezcla líquida que entre en la cuba de revestimiento, sea regulado bajo un contenido en hierro igual al umbral de solubilidad ( $S_{Fe T_3}$ ) del hierro a la tercera temperatura ( $T_3$ ) con el fin de limitar un aumento del contenido de hierro disuelto ampliamente debajo del umbral de solubilidad a la segunda temperatura ( $T_2$ ) en la cuba de revestimiento. Esto permite sostener una cantidad de hierro disuelto procedente de la banda comprendida en el intervalo entre el umbral de solubilidad ( $S_{Fe T_3}$ ) del hierro a la tercera temperatura ( $T_3$ ) y el umbral de solubilidad ( $S_{Fe T_2}$ ) del hierro a la segunda temperatura ( $T_2$ ).

50 Un bucle de regulación de la primera potencia ( $PB$ ) proporcionada por la banda controla una aportación o una retirada de potencia ( $\Delta P$ ), dando lugar a tal equilibrio que la primera potencia ( $PB$ ) es igual a la suma de la segunda potencia ( $PZ$ ) y de la aportación o la retirada de potencia ( $\Delta P$ ), es decir que  $PB = PZ + \Delta P$ . Esto se efectúa mediante

el envío de una consigna de reducción (o de incremento) a la temperatura de la banda ( $T_1$ ) en la entrada de la cuba de revestimiento.

5 El procedimiento prevé que el dispositivo de preparación este dotado de medios regulados adicionales de recuperación y de evacuación calórica asociados con un medio regulado de calentamiento por inducción adaptado para modular la tercera temperatura ( $T_3$ ) en una zona de fusión de los lingotes y en un intervalo de temperatura, particularmente definido por  $\pm 10$  °C, de valores próximos a un valor de temperatura consignada por los medios de regulación o los mandos externos.

10 Térmicamente, el procedimiento preconiza que la primera temperatura ( $T_1$ ) de la banda de acero a su entrada en la cuba de revestimiento idealmente este comprendida entre 450 y 550 °C. Lo mismo, la segunda temperatura ( $T_2$ ) de la mezcla líquida en la cuba de revestimiento idealmente esta comprendida entre 450 y 520 °C. Para una eficacia máxima del procedimiento, una diferencia de temperatura ( $\Delta T_1$ ) entre la banda de acero y la mezcla líquida en la cuba de revestimiento se mantiene comprendida entre 0 y 50 °C. La segunda temperatura ( $T_2$ ) de la mezcla líquida se mantiene así en la cuba de revestimiento, idealmente bajo una precisión de  $\pm 1$  a 3°C, a un valor ( $T_1 - \Delta T_1$ ) igual a la primera temperatura ( $T_1$ ) disminuida de la diferencia de temperatura ( $\Delta T_1$ ) entre la banda de acero y la mezcla líquida. Por último, una disminución de temperatura ( $\Delta T_2 = T_2 - T_3$ ) entre la segunda y la tercera temperatura de la mezcla líquida en el dispositivo de preparación se mantiene a por lo menos 10 °C. Estos valores permiten para los contenidos en zinc, aluminio e hierro, un acordonamiento térmico óptimo sobre el circuito (flujo / reflujo) de circulación puesto en funcionamiento por el procedimiento de galvanización según la invención.

20 El procedimiento prevé que un caudal de circulación ( $Q_2$ ) de la mezcla líquido que proviene de la cuba de revestimiento se mantenga comprendido entre 10 y 30 veces la cantidad de mezcla depositada sobre la banda en la misma unidad de tiempo.

El procedimiento según la invención prevé también la puesta en funcionamiento de etapas de medida y de control que permiten la regulación/mantenimiento del acordonamiento térmico, del circuito de circulación y de los contenidos pretendidos de aluminio, de zinc y de hierro.

25 En particular, los valores de temperatura y de concentración de aluminio de la mezcla líquida son medidos, idealmente de manera continua, por lo menos sobre la vía de flujo desde la entrada de alimentación (12) en la cuba de revestimiento hasta la salida (11) del dispositivo de preparación. Estos valores son esenciales con el fin de asociarlos con los diagramas de contenidos de aluminio o de hierro que siguen el emplazamiento de la mezcla líquida en el circuito de circulación que hay que acordonar.

30 Un nivel de mezcla líquida se mide, idealmente de forma continua, en el dispositivo de preparación, o incluso cuando sea apropiado en la cuba de revestimiento. Esto permite regular el caudal de fusión de los lingotes y conocer la cantidad de metal depositado sobre la banda.

35 En la práctica, un caudal (por ejemplo un contenido de aluminio por unidad de tiempo) y una temperatura de la mezcla líquida se mantienen en los pares de valores predeterminados por medio de una regulación simplificada. Esto permite por ejemplo poder simplemente deducir de un diagrama (como las figuras 1 y 2) y alcanzar rápidamente un umbral de solubilidad (de hierro) ideal para los pares de valores.

40 El procedimiento incluye una función por la que una temperatura de la banda a la salida de un horno de galvanización unida a una entrada de la banda en la cuba de revestimiento se mantiene en un intervalo de valores regulables. Del mismo modo, la velocidad de desplazamiento de la banda se mantiene en un intervalo de valores regulables. Preferiblemente, el procedimiento prevé que una anchura y un espesor de banda sean medidos o estimados corriente arriba de la cuba de revestimiento, si no obstante aun no se han recolectado como entrada de parámetros primarios (Primary Data Input PDI) en el sistema de guiado de la instalación de galvanización. Estos parámetros son útiles para determinar las condiciones de entrada, en particular en relación con la potencia aportada por la banda en el circuito de circulación administrado por el procedimiento según la invención.

45 Con el fin de poder modular la velocidad de fusión de cada una de los lingotes, se efectúa de modo dinámico y selectivo una introducción y un mantenimiento de los lingotes en una zona de fusión del dispositivo de preparación.

50 El procedimiento según la invención es así puesto en funcionamiento en función de los parámetros dinámicos de medida y de regulación unidos a la banda, a la cuba de revestimiento y al dispositivo de preparación. Estos parámetros idealmente son guiados centralmente, de modo autónomo según un modelo analítico a pedidos de predicción, en tiempo real, siendo opcionalmente actualizable por autoaprendizaje. En estos aspectos, un modo de mando externo puede también ser puesto en funcionamiento (por ejemplo, por entrada simple de mandos externos sobre el modelo analítico que guía dicho procedimiento) con el fin de, por ejemplo permitir a un operador un ajuste del contenido de aluminio, un ajuste de la temperatura de la banda, etc. De acuerdo con tales mandos externos, el modelo analítico de regulación del procedimiento es también reactualizado.

De la misma manera que por los parámetros resultantes de un horno de galvanización corriente arriba de la cuba de revestimiento, se pueden proporcionar para el guiado del procedimiento según la invención los parámetros de medida y de arreglo resultantes de un procedimiento de escurrido de la banda que se desplaza fuera de la cuba de revestimiento. Esto permite calibrar mejor los valores de preajuste tales como los relacionados con el espesor del revestimiento y los contenidos requeridos de los metales que hay que depositar.

Un conjunto de subreivindicaciones presenta en este sentido ventajas a la invención.

Ejemplos de realización y de aplicación para la puesta en funcionamiento del procedimiento se proporcionan con la ayuda de las figuras precedentes y de las figuras siguientes:

- Figura 7            esquema lógico de determinación de las potencias,
- 10    Figura 8            esquema lógico de determinación del caudal de circulación de la mezcla líquida,
- Figura 9            esquema lógico de determinación del contenido de aluminio,
- Figura 10            esquema lógico de determinación de la velocidad de fusión de los lingotes,
- Figura 11            esquema lógico para verificar el contenido teórico de hierro disuelto en la mezcla líquida.

La **figura 7** muestra el esquema lógico para la determinación de las potencias de la banda (PB) y la requerida (PZ) involucradas para poner en funcionamiento el procedimiento según la invención. A partir de datos que tocan al producto (DAT\_BAND) y con las condiciones de conducta (DAT\_DRIV) de la instalación (ver figuras 1, 2 y 3) o:

- la anchura (L) y el espesor (E) de la banda en desplazamiento continuo,
- el espesor de zinc (EZ) depositado sobre ambas caras de la banda y la velocidad pretendida (V) de la banda

Son calculados los caudales de las masas (QBm) y superficies (QB<sub>s</sub>) de la banda así como un caudal (Q<sub>1</sub>) total de zinc consumido, incluyendo las pérdidas inevitables.

A partir de estos caudales, de la primera temperatura (T<sub>1</sub>) de la banda a la salida del horno de galvanización corriente abajo de la cuba de revestimiento y de la segunda temperatura (T<sub>2</sub>) perseguida en la cuba de revestimiento son calculadas la potencia de banda (PB) y la requerida (PZ).

Si, como en el caso de la figura 6, la potencia requerida es mayor que la potencia de la banda (PZ > PB, caso « Y »), se tomará como resultado de los cálculos (ver figura 8), en la forma:

$$\Delta P = PZ - PB \text{ (etapa « 1 »)}.$$

En el caso contrario, la potencia requerida puede también ser inferior a la potencia de la banda (PZ < PB, caso « N »). El procedimiento según la invención prevé entonces una consigna (ORDI) de enfriamiento ( $\Delta T$ ) de la primera temperatura de la banda (T<sub>1</sub>) por medio de una disminución de temperatura en la salida de un horno de galvanización. Al término de esta etapa, la temperatura de la mezcla líquida en la cuba de revestimiento debe encontrar su valor (T<sub>2</sub>), sabiendo que la temperatura de la banda (T<sub>1</sub>) en la entrada de la cuba de revestimiento es igual a la segunda temperatura (T<sub>2</sub>) aumentada en valor determinado, aquí el enfriamiento ( $\Delta T$ ) en el valor absoluto, es decir:  $T_1 = T_2 + \Delta T$ .

La **figura 8** representa el esquema lógico de determinación del caudal de circulación de la mezcla líquida, asociado a continuación de la etapa « 1 » de la figura 7, también representado como punto de partida lógico del presente esquema. A partir de la tercera temperatura (T<sub>3</sub>) perseguida en la zona de fusión (71) de los lingotes del dispositivo de preparación, desde una temperatura inicial (T<sub>L</sub>) de los lingotes, éstos se pueden recalentar si es preciso antes de introducirse en la mezcla líquida, y el caudal (Q<sub>1</sub>) de zinc consumido y debe de ser compensado por la fusión de los lingotes, se determina la energía ( $W = W_{fus-Zn}$ ) de fusión de dichos lingotes de zinc. Esta energía (W) también representa la energía (W<sub>inc-Zn</sub>) que hay que aportar por el zinc líquido que proviene de la cuba de revestimiento.

Teniendo en cuenta la segunda temperatura (T<sub>2</sub>) de la mezcla líquida procedente de la cuba de revestimiento y la energía (W) anteriormente calculada, se determina el caudal (Q<sub>2</sub>) de mezcla líquida que proviene de la cuba de revestimiento y que es necesaria para asegurar la fusión continua de los lingotes. Este caudal (Q<sub>2</sub>) indica también el caudal de circulación de la mezcla líquida entre la cuba de revestimiento y el dispositivo de preparación.

La **figura 9** muestra el esquema lógico de determinación del contenido de aluminio ( $Al_i$ ) de la mezcla líquida resultante de la fusión de los lingotes en el dispositivo de preparación (cuba de depuración 72). En efecto, la formación del compuesto Fe-Al definido que de una parte forma la capa de combinación depositada sobre la banda y de otra parte está presente en el dross provoca los consumos de aluminio, respectivamente ( $QAl_c$ ) y ( $QAl_d$ ) que se añaden a la cantidad normalmente depositada, con zinc, sobre la banda. Este consumo suplementario se debe de compensar por un contenido de aluminio ( $Al_i$ ) en la cuba de depuración (72) ligeramente superior al contenido de aluminio ( $Al_v$ ) perseguido en la cuba de revestimiento. Los consumos de aluminio ( $QAl_c$ ) y ( $QAl_d$ ) son calculados a partir del caudal de masa ( $QB_m$ ) de la banda. Se incluyen también el esquema de cálculo de la cuarta temperatura ( $T_4$ ) de la mezcla líquida que regresa a la cuba de revestimiento en función de la tercera temperatura ( $T_3$ ) obtenida después de la fusión de los lingotes y de la potencia complementaria ( $\Delta P$ ) necesaria para llevar la temperatura de la mezcla líquida a la segunda temperatura ( $T_2$ ) en la cuba de revestimiento. El valor del contenido de aluminio ( $Al_i$ ) de la mezcla líquida es conocido a continuación en términos de consumo para pasar a una etapa « 2 » según la próxima figura.

La **figura 10** muestra el diagrama lógico para la determinación de la velocidad = (caudal) de fusión de los lingotes en el dispositivo de preparación. Según una cantidad de pérdida de aluminio ( $QAl_c$ ) en la capa de combinación y de pérdida de aluminio ( $QAl_d$ ) en el dross que varía en particular en función de la anchura de la banda tratada, es necesario poder adaptar el contenido de aluminio ( $Al_i$ ) resultante de la fusión de los lingotes con el fin de mantener en retorno un valor perseguido de contenido de aluminio ( $Al_v$ ) en la cuba de revestimiento. Con este fin, es por lo tanto ventajoso poder sumergir dinámica, selectiva y simultáneamente en la mezcla líquida del dispositivo de preparación por lo menos dos lingotes de diferente contenido de aluminio y de los que uno por lo menos conlleva un contenido de aluminio superior al contenido de aluminio ( $Al_i$ ) en la segunda zona (72) del dispositivo de preparación. Una pluralidad de ( $n$ ) lingotes entonces son sumergidos en el metal líquido a una velocidad (=caudal) total de fusión ( $V_m$ ) correspondiente al caudal calculado ( $Q_1$ ) total del zinc consumido. Cada uno de ( $n$ ) lingotes de contenido de aluminio ( $Al_1, Al_2, \dots, Al_n$ ) es sumergido selectivamente y sigue una dinámica (duración de inmersión) variablemente adaptable a cada lingote asociado a una velocidad de fusión ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) calculada con el fin de asegurar un contenido de aluminio resultante ( $Al_i$ ) unido a la velocidad total de fusión ( $V_m$ ) y con el fin de controlar que el contenido requerido de aluminio ( $Al_i$ ) unido al consumo previsto de aluminio según el valor resultante de la etapa « 2 » de la figura precedente 9 es asegurado por el contenido de aluminio ( $Al_i$ ) resultante de la fusión de los lingotes.

La **figura 11** muestra el diagrama lógico de verificación del contenido teórico de hierro (SFe) disuelto en la mezcla líquida a partir de la etapa « 1 » descrita anteriormente (ver figuras 6, 7, 8). El contenido en hierro ( $Fe_1$ ) de la mezcla líquida que entra en la cuba de revestimiento se fija por el umbral de solubilidad (SFe  $T_3$ ) del hierro en la tercera temperatura ( $T_3$ ) de precipitación de dross ( $Fe_1 = SFe T_3$ ) (ver también la figura 1). Con arreglo a datos como la primera temperatura ( $T_1$ ) de la banda a la entrada a la cuba de revestimiento, de la segunda temperatura ( $T_2$ ) de la mezcla líquida en dicha cuba de revestimiento, del caudal de superficie de la banda ( $QB_s$ ) y del contenido en aluminio ( $Al_v$ ) de la mezcla líquida en la entrada al dispositivo de preparación, el procedimiento pone en funcionamiento un cálculo de una parte del caudal de disolución del hierro ( $QFe$ ) resultante de las dos caras de la banda en desplazamiento y, por otra parte, del umbral de solubilidad (SFe  $T_2$ ) del hierro en la mezcla líquida a la segunda temperatura ( $T_2$ ). Este umbral de disolución, añadido al contenido en hierro ( $Fe_1$ ) a la entrada de la cuba de revestimiento, permite calcular el contenido de hierro de la mezcla líquida ( $Fe_2$ ) como:

$$Fe_2 = (QFe \cdot SFe) + Fe_1$$

en el que se introduce un coeficiente de seguridad ( $S_{Fe}$ ). En la superficie de la banda se establece un fuerte gradiente de concentración de hierro que favorece el desarrollo de la capa de combinación  $Fe_2Al_5Zn_x$ . El contenido en hierro de la mezcla líquida ( $Fe_2$ ) en la cuba de revestimiento es entonces el contenido en hierro al final de dicho gradiente y puede ser considerado como el contenido total en hierro del baño de la mezcla líquida. Si el umbral de solubilidad (SFe  $T_2$ ) del hierro en la mezcla líquida a la segunda temperatura ( $T_2$ ) es mayor que el contenido efectivo en hierro de la mezcla líquida ( $Fe_2$ ) en la cuba de revestimiento (ver caso « SFe  $T_2 > Fe_2$  »), se validan los diferentes parámetros de regulación del procedimiento seleccionados (ver caso « VAL\_PA »). En el caso contrario, estos parámetros deben de ser modificados (ver caso « MOD\_PA ») con vistas a aumentar (caso « UP(SFe  $T_2$ ) ») el umbral de solubilidad (SFe  $T_2$ ) del hierro en la mezcla líquida a la segunda temperatura ( $T_2$ ) y/o a disminuir (caso « DOWN(QFe) ») el caudal de disolución del hierro (QFe). El aumento de dicho umbral de solubilidad (SFe  $T_2$ ) se obtiene por aumento de la segunda temperatura ( $T_2$ ) y/o disminución del contenido de aluminio ( $Al_v$ ) en la cuba de revestimiento. La disminución del caudal de disolución del hierro (QFe) se obtiene por disminución de la primera temperatura ( $T_1$ ) y/o de la segunda temperatura ( $T_2$ ) y/o del caudal de superficie de la banda ( $QB_s$ ) y/o por aumento del contenido de aluminio ( $Al_v$ ) en la cuba de revestimiento. Prácticamente, actuamos preferentemente sobre la primera temperatura ( $T_1$ ) de la banda y/o sobre su velocidad de desplazamiento ( $V$ ).

#### Lista de las abreviaturas principales

1                      banda en desplazamiento continuo

## ES 2 529 697 T3

	2, 13	cuba de revestimiento
	7	dispositivo de preparación
	71, 72	primera y segunda zona del dispositivo de preparación
	8	lingote(s)
5	A	punto límite de solubilidad del hierro a 470 °C para un contenido en aluminio de 0.19 %
	Al	Aluminio
	Al <sub>1</sub> , ..., Al <sub>n</sub>	contenido de aluminio de los lingotes 1 a n
	Al <sub>c</sub>	consumo de aluminio en la capa de combinación
	Al <sub>d</sub>	consumo de aluminio en el dross
10	Al <sub>1</sub>	subida de contenido en aluminio de la mezcla líquida requerida en el dispositivo de preparación
	Al <sub>m</sub>	contenido máximo (virtual) de aluminio de la mezcla líquida en el dispositivo de preparación (primera zona 71)
	Al <sub>t</sub>	contenido en aluminio de la mezcla líquida resultante de los lingotes fundidos en el dispositivo de preparación (por lo tanto, en la segunda zona 72)
15	Al <sub>v</sub>	contenido perseguido de aluminio de la mezcla líquida en la salida de la cuba de revestimiento
	B	punto límite de solubilidad del hierro a 440 °C para un contenido en aluminio de 0.19 %
	DAT_BAND	estado de la banda
	DAT_DRIV	estado del conducto
	DOWN (x)	disminuir la variable x
20	Dross	Mata, Dross
	ΔP	aportación (ΔP>0) o retirada (ΔP<0) de potencia
	ΔT	variación positiva (ΔT>0) o negativa (ΔT<0) de temperatura correspondiente a una aportación o una retirada de energía
	E	espesor de banda
25	EZ	espesor de zinc
	Fe	hierro
	Fe <sub>1</sub>	contenido en hierro de la mezcla líquida en la entrada de cuba de revestimiento
	Fe <sub>2</sub>	contenido máximo en hierro de la mezcla líquida en la cuba de revestimiento
	L	ancho de banda
30	MOD_PA	modificación de los parámetros escogidos
	N	no
	ORD1	consigna

## ES 2 529 697 T3

	PZ	potencia necesaria para el mantenimiento del zinc en T2
	PB	potencia proporcionada por la banda
	Q <sub>1</sub>	= Q <sub>1-fus-Zn</sub> caudal de fusión de los lingotes de zinc = Q <sub>1-cons-Zn</sub> caudal total de zinc-aluminio consumido
5	Q <sub>2</sub>	caudal necesario de zinc líquido en la salida de la cuba de revestimiento
	QAI <sub>c</sub>	caudal de pérdida en Al en la capa de combinación
	QAI <sub>d</sub>	caudal de pérdida en Al en el dross
	QB <sub>m</sub>	caudal de masa de banda
	QB <sub>s</sub>	caudal de superficie de banda
10	QF <sub>e</sub>	caudal de disolución del hierro en la mezcla líquida
	SF <sub>e</sub>	umbral de solubilidad / saturación del hierro en la mezcla líquida
	SF <sub>e T<sub>2</sub></sub>	SF <sub>e</sub> para la mezcla líquida a temperatura T <sub>2</sub>
	SF <sub>e T<sub>3</sub></sub>	SF <sub>e</sub> para la mezcla líquida a temperatura T <sub>3</sub>
	SF <sub>e T<sub>4</sub></sub>	SF <sub>e</sub> para la mezcla líquida a temperatura T <sub>4</sub>
15	T <sub>1</sub>	1 <sup>era</sup> temperatura de la banda en la entrada de la cuba de revestimiento
	T <sub>1_mes</sub>	T <sub>1</sub> medido
	T <sub>2</sub>	2 <sup>a</sup> temperatura de la mezcla líquida en la cuba de revestimiento
	T <sub>3</sub>	3 <sup>era</sup> temperatura del dispositivo (baño) de preparación
	T <sub>4</sub>	4 <sup>o</sup> temperatura del líquido a la salida de la cuba de depuración
20	T <sub>L</sub>	temperatura inicial de los lingotes de zinc antes de la sumersión en la zona de fusión
	UP (x)	aumentar la variable x
	V	velocidad de desplazamiento de la banda
	V <sub>m</sub>	caudal total de fusión de los lingotes sumergidos
	V <sub>max</sub>	velocidad máximo de desplazamiento de la banda
25	V <sub>1, ..., V<sub>n</sub></sub>	caudales de fusión de los lingotes 1 a n
	VAL_PA	validación de los parámetros escogidos
	W	= W <sub>fus_Zn</sub> energía de fusión de los lingotes de zinc = W <sub>inc_Zn</sub> energía que hay que aportar por el zinc líquido que proviene de la cuba de revestimiento
	Y	sí
30	Zn	zinc

## REIVINDICACIONES

1. Procedido de galvanización por inmersión de una banda (1) de acero laminada en desplazamiento continuo, para lo que la banda es sumergida en una cuba de revestimiento (2) que contiene un baño de mezcla líquida (5) de metal, como el zinc y el aluminio, que se deposita sobre la banda que esta en circulación permanente entre dicha cuba de revestimiento y un dispositivo de preparación (7), en el que la temperatura de la mezcla líquida esta voluntariamente bajada con el fin de disminuir un umbral de solubilidad del hierro y suficientemente elevada para activar, en dicho dispositivo de preparación, una fusión de por lo menos un lingote Zn-Al (8) en cantidad necesaria para compensar la mezcla líquida consumida por depósito sobre la banda,
- 5
- dicho procedimiento consta de las etapas siguientes:
- 10
- determinar una primera potencia (PB) proporcionada por la banda de acero que entra a una primera temperatura ( $T_1$ ) en el baño de la mezcla líquida de la cuba de revestimiento, dicho baño esta él mismo estabilizado a una segunda temperatura predeterminada ( $T_2$ ) inferior a la primera temperatura ( $T_1$ ),
  - determinar la segunda potencia (PZ) necesaria para llevar la mezcla líquida a la segunda temperatura predeterminada ( $T_2$ ) y comparar esta segunda potencia con la primera potencia (PB) aportada por la banda,
- 15
- si la primera potencia (PB) es superior a la segunda potencia (PZ), atribuir una consigna de disminución a la primera temperatura ( $T_1$ ) de la banda,
  - si la primera potencia (PB) es inferior o igual a la segunda potencia (PZ), determinar una energía necesaria para la fusión continua, en el dispositivo de preparación, del lingote (8) en cantidad necesaria para compensar la mezcla líquida consumida por el depósito sobre la banda,
- 20
- ajustar un caudal de circulación ( $Q_2$ ) de la mezcla líquida entre la cuba de revestimiento y el dispositivo de preparación con el fin de aportar la energía necesaria para la fusión continua del lingote (8) manteniendo la temperatura de la mezcla líquida en el dispositivo de preparación a una tercera temperatura predeterminada ( $T_3$ ) inferior a la segunda temperatura predeterminada ( $T_2$ ),
  - ajustar una cuarta temperatura ( $T_4$ ) de la mezcla líquida a la salida (9) del dispositivo de preparación con el fin de aportar un complemento de potencia ( $\Delta P = PZ - PB$ ) necesario para un equilibrio térmico entre dicha salida y una entrada de alimentación (12) de la cuba de revestimiento, dicha entrada fue alimentada por la salida (9).
- 25
2. Procedido según la reivindicación 1, por el que por medio de una regulación de la segunda temperatura ( $T_2$ ) y del contenido perseguido de aluminio ( $Al_v$ ), un umbral de solubilidad ( $S_{Fe T_2}$ ) del hierro a la segunda temperatura ( $T_2$ ) en la mezcla líquida de la cuba de revestimiento es controlado a un nivel tal que, teniendo en cuenta un caudal de disolución del hierro ( $Q_{Fe}$ ) esperado en la cuba de revestimiento, un contenido global en hierro ( $Fe_2$ ) se mantiene inferior al umbral de solubilidad del hierro ( $S_{Fe T_2}$ ) a la segunda temperatura ( $T_2$ ).
- 30
3. Procedimiento según reivindicación 1 o 2, por el que la fusión continua de los lingotes es asegurada en un caudal total de fusión ( $V_m$ ) de por lo menos dos lingotes.
- 35
4. Procedimiento según la reivindicación 3, por el que un número variable (n) de lingotes es sumergido selectiva y simultáneamente en el baño de mezcla líquida, los lingotes tienen cada uno un diferente contenido en aluminio ( $Al_1, Al_2, \dots, Al_n$ ) y por lo menos uno de los lingotes tiene un contenido en aluminio superior al contenido requerido ( $Al_t$ ) en el dispositivo de preparación.
- 40
5. Procedido según la reivindicación 4, por el que se controla individualmente una velocidad de inmersión ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) de cada uno de los n lingotes, para ajustar el contenido de aluminio en el dispositivo de preparación al contenido requerido ( $Al_t$ ) manteniendo la velocidad total de fusión ( $V_m$ ) requerida.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que se activa en el dispositivo de preparación un enfriamiento de la mezcla líquido de la segunda temperatura ( $T_2$ ) a la tercera temperatura ( $T_3$ ) con el fin de bajar el umbral de solubilidad del hierro y de localizar la formación de dross en dicho dispositivo de preparación.
- 45
7. Procedido según las reivindicaciones 3 a 6, por el que se efectúa un aislamiento entre los lingotes y se realiza según su respectivo contenido en aluminio, con el fin de separar los diferentes tipos de dross, en lo que los dross denominados « de superficie » que tienen un contenido fuerte de aluminio se forman preferentemente en la proximidad de los lingotes sumergidos que tienen un contenido fuerte de aluminio y los dross denominados « de

fondo » que tienen un contenido débil de aluminio se forman preferentemente en la proximidad de los lingotes sumergidos que tienen un contenido débil de aluminio.

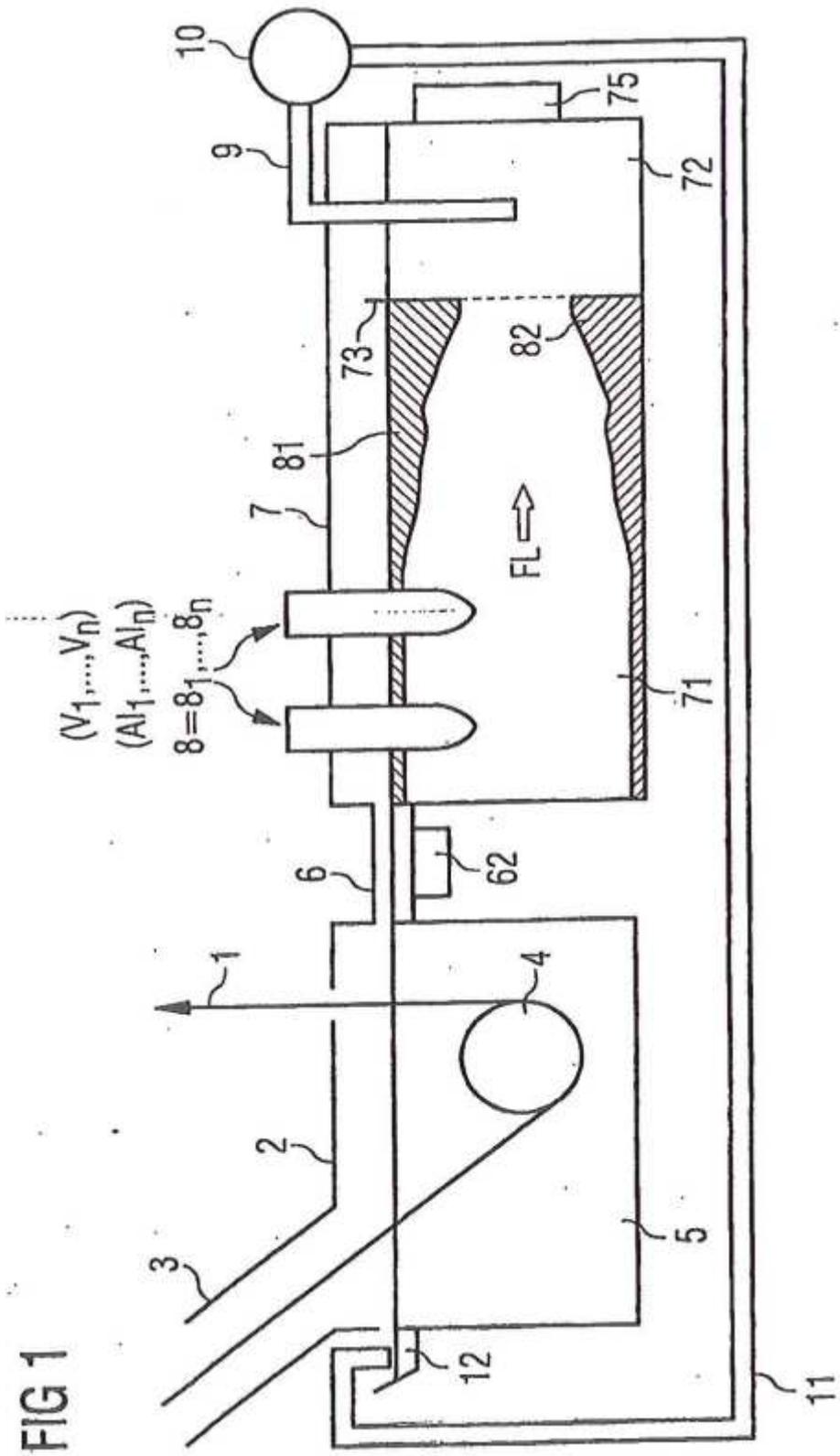
- 5 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que una frecuencia de renovación ( $Q_2$ ) de la mezcla líquida que entra en la cuba de revestimiento se regula bajo un contenido en hierro igual al umbral de solubilidad a la tercera temperatura ( $T_3$ ) con el fin de limitar un aumento del contenido en hierro disuelto por debajo del umbral de solubilidad a la segunda temperatura ( $T_2$ ) en la cuba de revestimiento.
- 10 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que un bucle de regulación de la primera potencia (PB), proporcionado por la banda, comprueba una aportación o una eliminación de potencia ( $\Delta P$ ), que desemboca en un equilibrio tal que la primera potencia (PB) sea igual a la suma de la segunda potencia (PZ) y de la aportación o eliminación de potencia ( $\Delta P$ ), tal como  $PB = PZ + \Delta P$ , y conduce a una temperatura de banda consignada.
- 15 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que el dispositivo de preparación esta dotado de medios regulados de recuperación y de evacuación de calorías asociados a un medio regulado de calentamiento por inducción, adaptados para modular la tercera temperatura ( $T_3$ ) en una zona de fusión de los lingotes y en un intervalo de temperatura, particularmente definido por  $\pm 10$  °C, de los valores próximos a un valor de temperatura consignado.
- 20 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que la primera temperatura ( $T_1$ ) de la banda de acero a su entrada en la cuba de revestimiento esta comprendida entre 450 y 550 °C.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que la segunda temperatura ( $T_2$ ) de la mezcla líquida en la cuba de revestimiento esta comprendida entre 450 y 520 °C.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 o 12, por el que una diferencia de temperatura ( $\Delta T_1$ ) entre la banda de acero y la mezcla líquida en la cuba de revestimiento se mantiene comprendida entre 0 y 50 °C.
- 25 14. Procedimiento según la reivindicación 13, por el que la segunda temperatura ( $T_2$ ) de la mezcla líquida se mantiene en la cuba de revestimiento, idealmente con una precisión de  $\pm 1$  a 3 °C, a un valor ( $T_1 - \Delta T_1$ ) igual a la primera temperatura ( $T_1$ ) menos la diferencia de temperatura ( $\Delta T_1$ ) entre la banda de acero y la mezcla líquida.
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 o 12, por el que una disminución de la temperatura ( $\Delta T_2 = T_2 - T_3$ ) entre la segunda y la tercera temperatura de la mezcla líquida en el dispositivo de preparación se mantiene al menos a 10 °C.
- 30 16. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que el caudal de circulación ( $Q_3$ ) de la mezcla líquida que proviene de la cuba de revestimiento se mantiene comprendido entre 10 y 30 veces la cantidad de mezcla depositada sobre la banda en la misma unidad de tiempo.
17. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por la que se miden los valores de temperatura y de concentración en aluminio de la mezcla líquida, idealmente en continuo, por lo menos sobre una vía de flujo desde la entrada de alimentación en la cuba de revestimiento hasta la salida del dispositivo de preparación.
- 35 18. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que es medido un nivel de mezcla líquida, idealmente en continuo, en el dispositivo de preparación.
19. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que un caudal y una temperatura de la mezcla líquida son mantenidos en pares de valores predeterminados por medio de una regulación.
- 40 20. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que una temperatura de la banda a la salida de un horno de galvanización unido a una entrada de la banda en la cuba de revestimiento, se mantiene en un intervalo de valores regulables.
21. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que la velocidad de desplazamiento de la banda se mantiene en un intervalo de valores regulables.
- 45 22. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que una anchura y un espesor de banda son medidos corriente arriba de la cuba de revestimiento.
23. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que una introducción y un mantenimiento de los lingotes en una zona de fusión del dispositivo de preparación se efectúa de forma dinámica.

24. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que los parámetros dinámicos de medida y regulación unidos a la banda, a la cuba de revestimiento y al dispositivo de preparación son guiados centralmente.

25. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que los parámetros de control son calibrados por la entrada de mandos externos sobre un modelo analítico que guía dicho procedimiento.

5 26. Procedimiento según la reivindicación 25, por el que el modelo analítico se actualiza por autoaprendizaje.

27. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, por el que los parámetros de medida y de regulación resultantes de un procedimiento de escurrido de la banda que se desplaza fuera de la cuba de revestimiento son proporcionados para el guiado de dicho procedimiento.



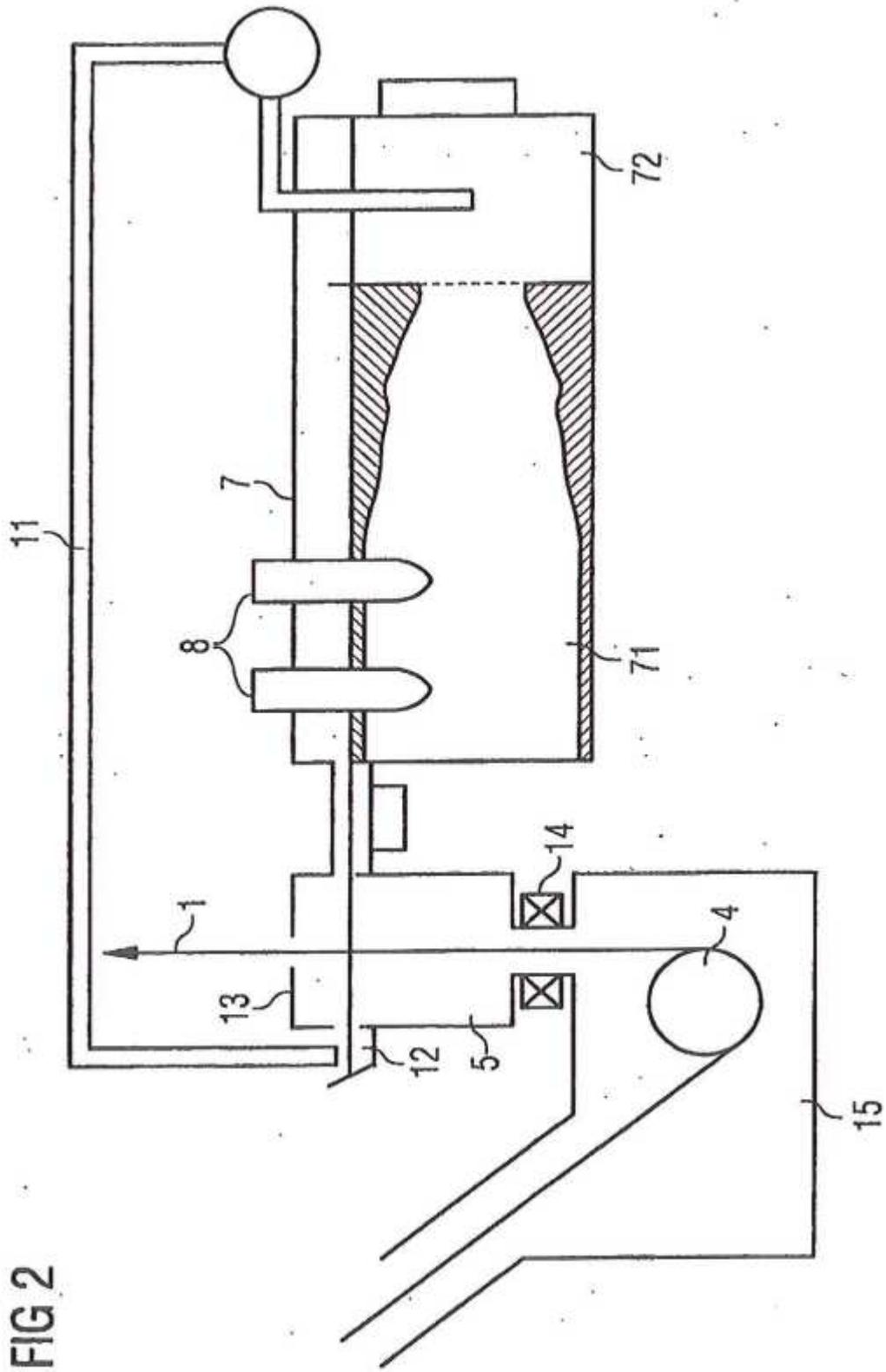


FIG 3

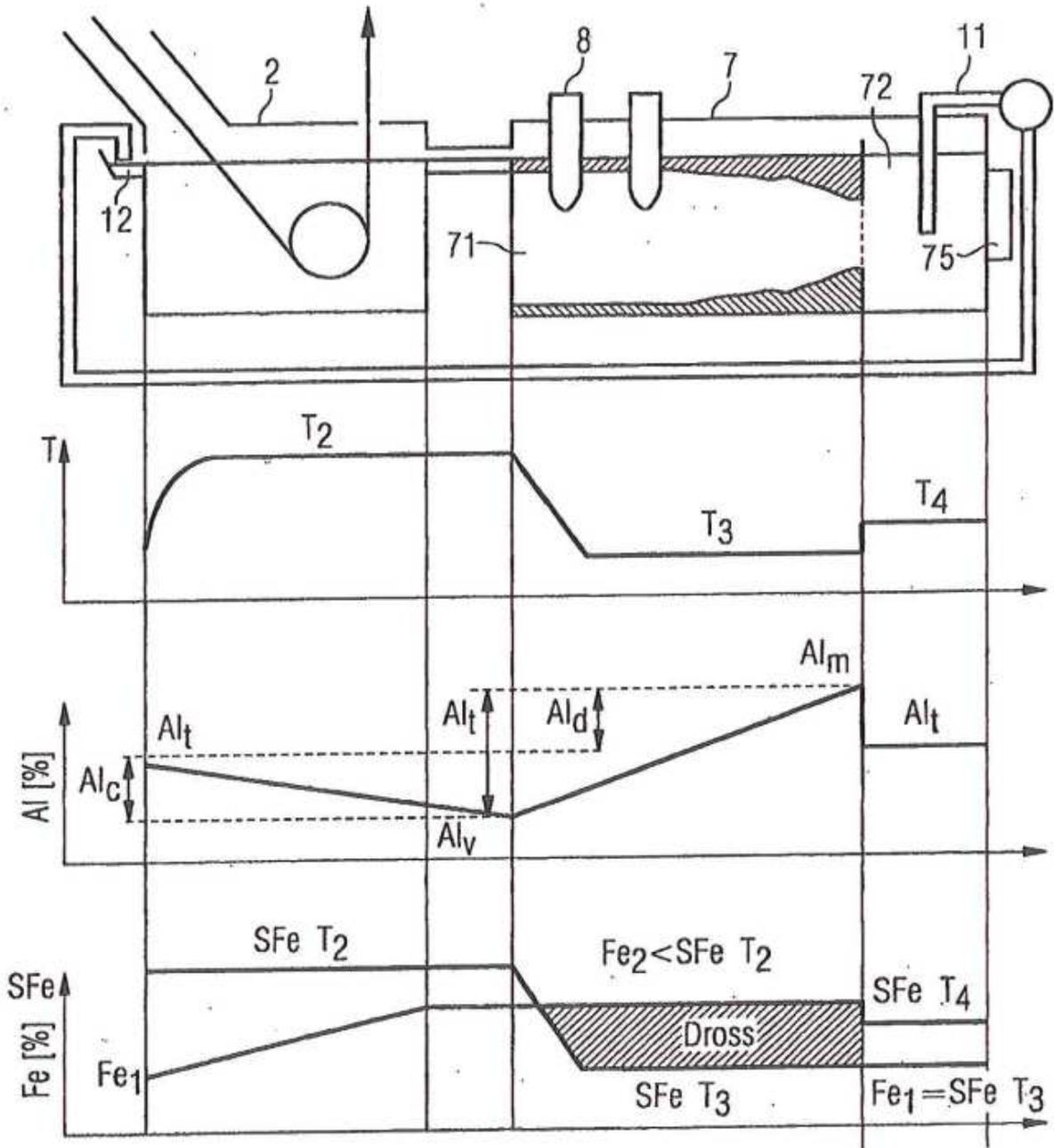


FIG 4

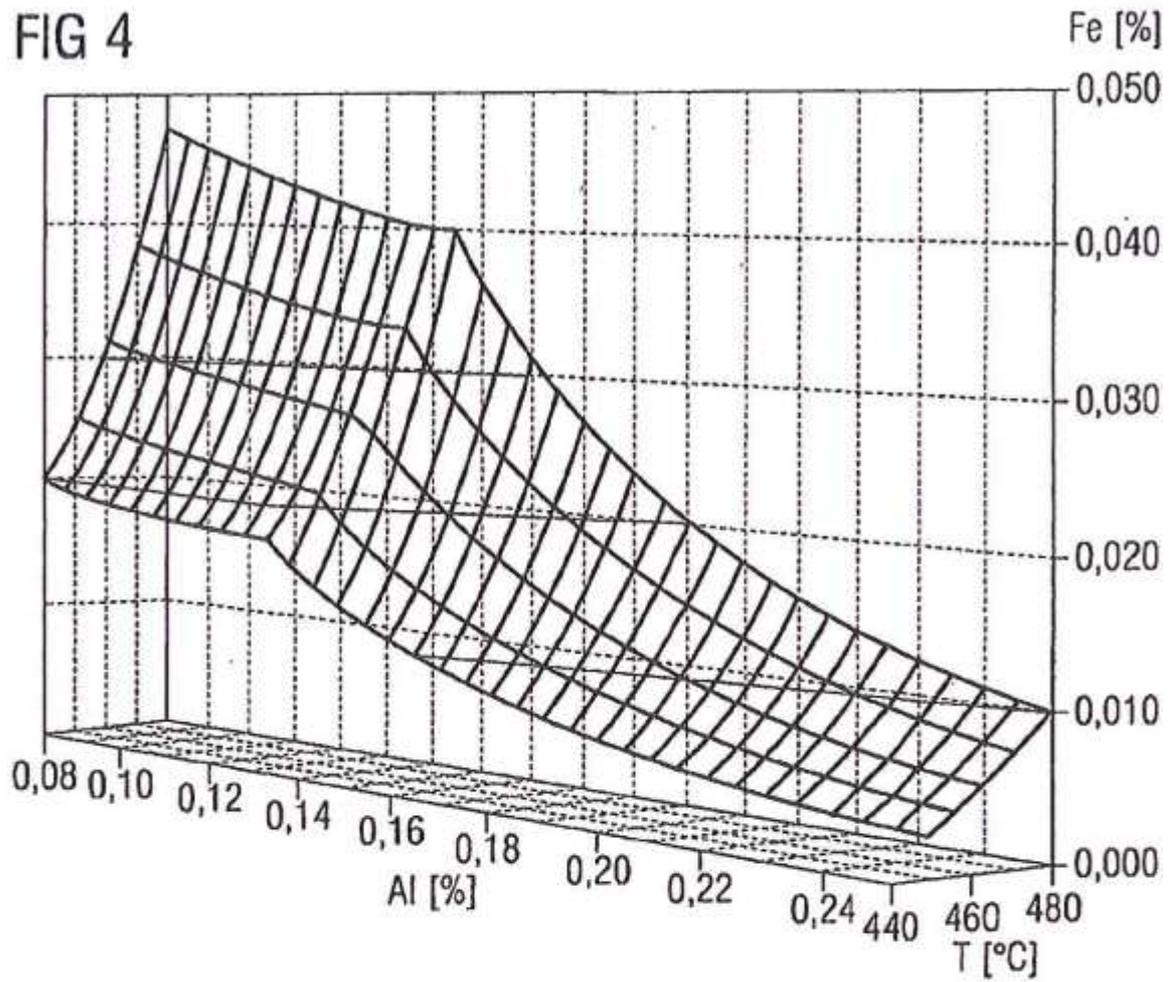


FIG 5

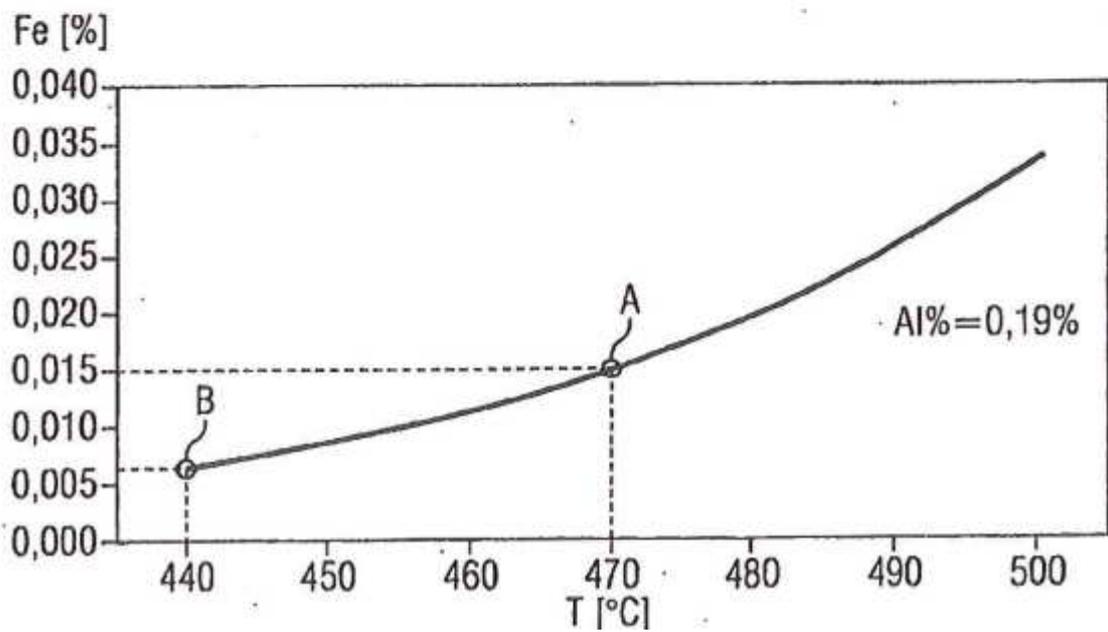


FIG 6

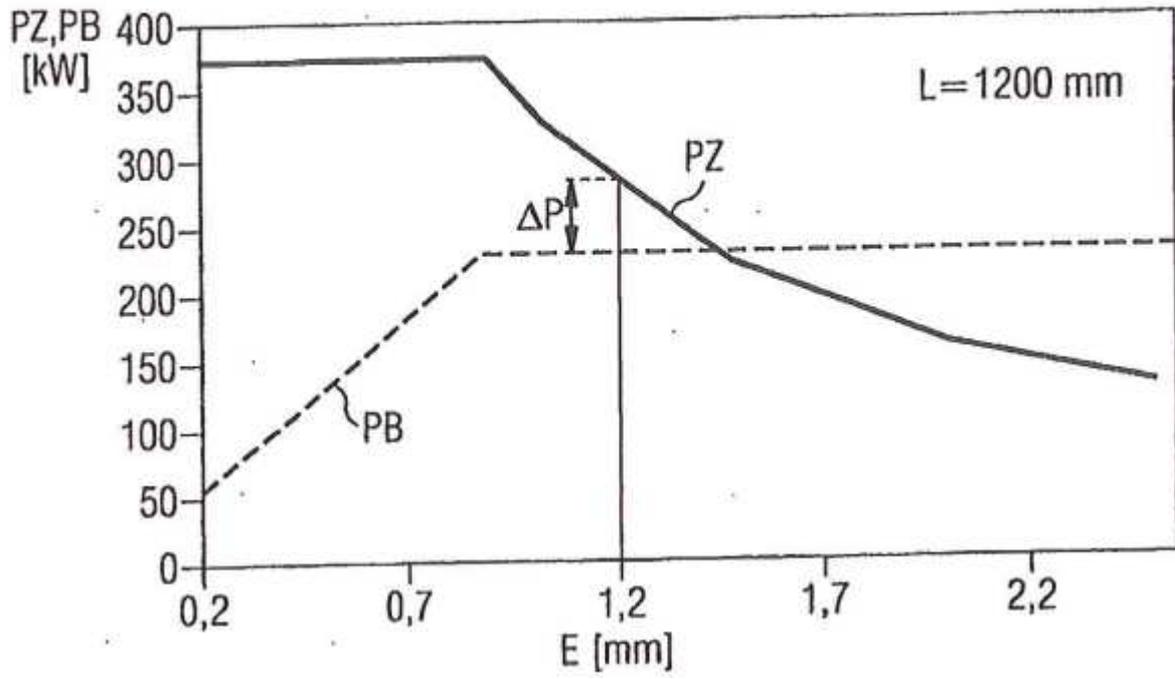


FIG 7

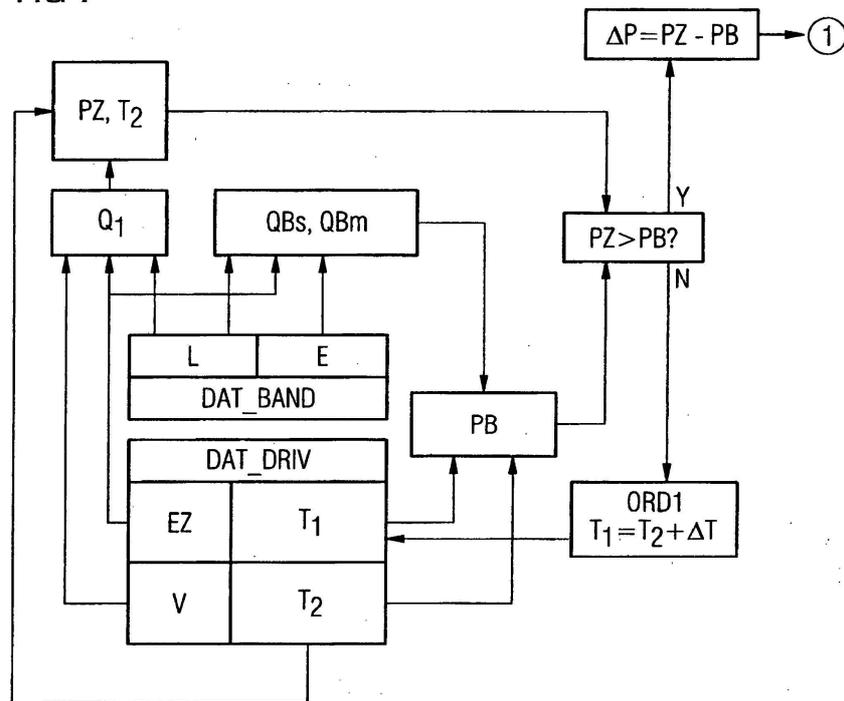


FIG 8

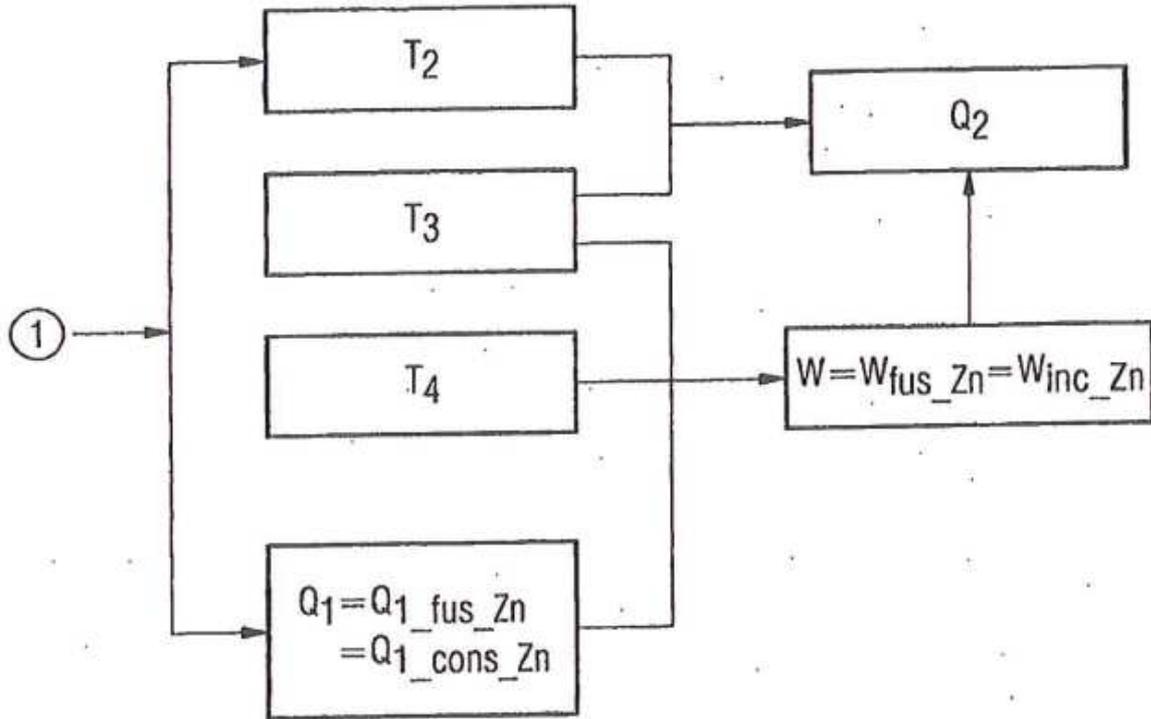




FIG 10

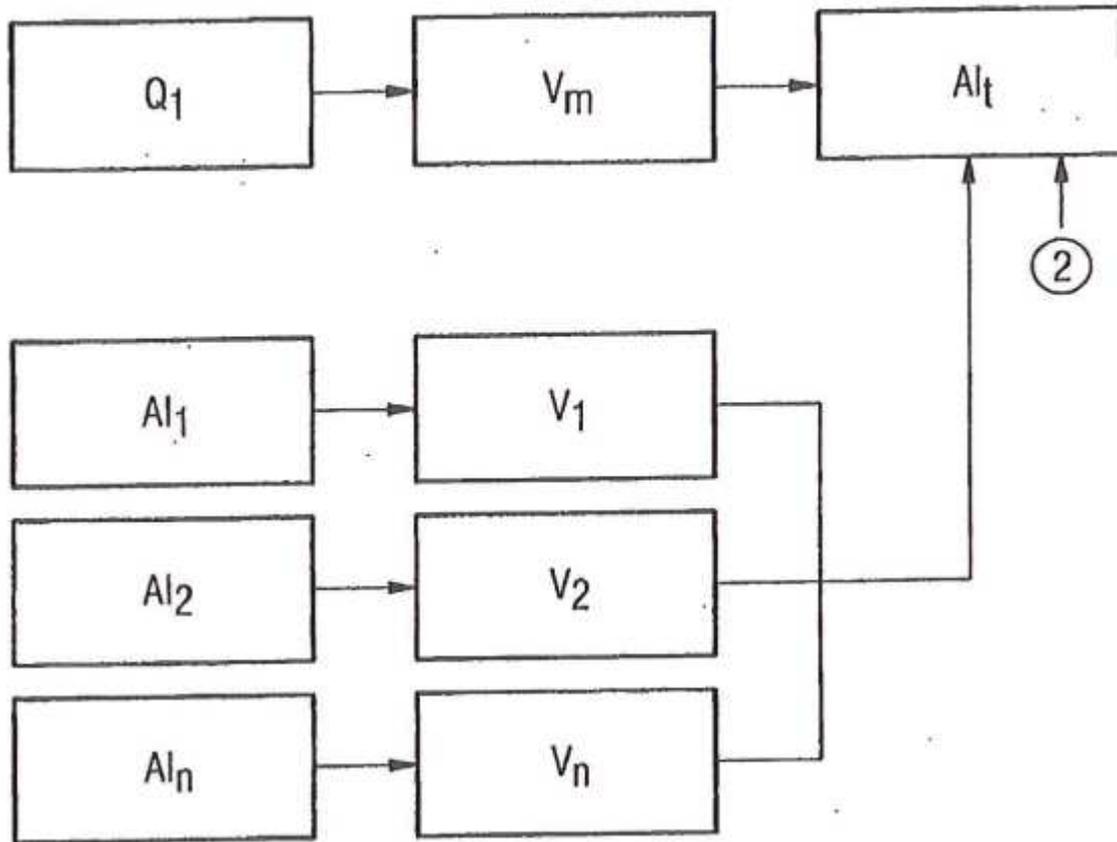


FIG 11

