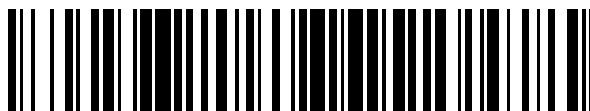


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 900**

51 Int. Cl.:

**B23K 31/00** (2006.01)

**B23K 9/028** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2012 PCT/JP2012/007272**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2013 WO13132561**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2012 E 12870666 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2823930**

54 Título: **Sistema de cálculo de desalineación**

30 Prioridad:

**07.03.2012 JP 2012050347**

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

**24.10.2017**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL  
CORPORATION (100.0%)  
6-1, Marunouchi 2-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**TANAKA, MASAKI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 638 900 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**

Sistema de cálculo de desalineación

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un sistema de cálculo de desalineación para calcular la desalineación que se produce al soldar dos tubos de acero con sus caras extremas apoyadas a tope entre sí. Más específicamente, la presente invención se refiere a un sistema de cálculo de desalineación que puede cuantificar y evaluar la desalineación que se produce cuando se realiza soldadura a tope.

Obsérvese que, a menos que se indique lo contrario, la definición del término en la presente memoria es la siguiente.

10 "Desalineación" significa: desviación / diferencia que se produce entre las geometrías de la superficie exterior de las partes extremas de un primer tubo de acero y de un segundo tubo de acero; y desviación / diferencia que se produce entre las geometrías de la superficie interior de las partes extremas de un primer tubo de acero y de un segundo tubo de acero, cuando las partes extremas de un primer tubo de acero y de un segundo tubo de acero están apoyadas a tope una contra otra.

**15 Estado de la técnica**

Las tuberías para el transporte de petróleo y gas natural, etc. se colocan después de fabricar un tubo unido soldando tubos de acero con sus respectivas caras extremas apoyadas a tope una contra otra. En tal caso, a menudo sucede que las geometrías de las superficies exterior e interior de una parte extrema de un tubo de acero pueden no coincidir completamente con las geometrías de las superficies exterior e interior de una parte extrema del otro tubo de acero, de manera que se produce una desviación, es decir, se produce una desalineación. Dicha desalineación se debe a las variaciones dentro de un intervalo tolerable de un estándar de calidad con respecto al diámetro exterior, al diámetro interior y al grosor de la pared en dirección circunferencial en una parte extrema de un tubo de acero producido bajo una Norma de Calidad específica. Por otra parte, la desalineación también se debe a la ovalización de las geometrías de las superficies externa y/o interna y a la excentricidad del espesor de la pared dentro de la norma de calidad.

Una desalineación grande en una zona de soldadura que está soldada a tope puede causar un fallo originado en una zona de soldadura de la tubería. Para minimizar el riesgo de fallo, es necesario limitar la desalineación a un mínimo. Sin embargo, la desalineación que se produce cuando se sueldan dos tubos de acero con sus caras extremas apoyadas a tope entre sí, se suele comprobar típicamente solo mediante inspección visual.

30 Con respecto a la desalineación que se produce al realizar la soldadura a tope, se han realizado varias propuestas anteriores, que incluyen, por ejemplo, la citación de patente 1. La citación de patente 1 tiene como objetivo evitar la aparición de pandeo en un tubo unido, atribuible a la desalineación, etc. al curvar y enrollar el tubo unido soldado a tope en un tambor, durante el tendido o colocación de una tubería mediante un método de purga con carrete. La citación de patente 1 propone la preparación de tubos de acero como tubos de acero primero y segundo que deben soldarse a tope, en los que la diferencia de diámetros exteriores, la diferencia de diámetros interiores y la diferencia de límites elásticos en sus partes extremas satisfacen una fórmula relacional predeterminada. Se ha dicho que esto permite la supresión de la aparición de la desalineación de las superficies exteriores, la desalineación de las superficies interiores, y el pandeo atribuible a la resistencia.

Lista de citaciones. Citaciones de patentes

40 Citación de patente 1: Publicación de la solicitud de patente japonesa N° 2006-281217

**Compendio de la invención****Problema técnico**

45 Tal como se ha descrito anteriormente, si bien se requiere minimizar la desalineación al soldar tubos de acero con sus caras extremas apoyadas a tope entre sí, la desalineación se suele comprobar típicamente solo por inspección visual. Por lo tanto, existe la necesidad de evaluar, cuantificando la desalineación y minimizando aún más la desalineación, reduciendo así el riesgo de fallo.

50 En la citación de patente 1 descrita anteriormente, la desalineación se controla preparando un tubo de acero, en el que la diferencia de diámetros exteriores y la diferencia de diámetros interiores satisfacen una fórmula predeterminada. Sin embargo, incluso si se preparan tubos de acero del mismo diámetro exterior y del mismo diámetro interior, se puede deformar la geometría de la superficie exterior o la geometría de la superficie interior del tubo de acero debido a la ovalización, etc., lo que produce una desalineación. Por lo tanto, incluso cuando se prepara un tubo de acero en el que la diferencia de diámetros exteriores y la diferencia de diámetros interiores

satisfacen una fórmula relacional predeterminada, existe la necesidad de cuantificar y evaluar la desalineación, y además minimizar la desalineación, reduciendo así el riesgo de fallo.

5 En vista de las circunstancias descritas, se ha realizado la presente invención, que tiene como objeto proporcionar un sistema de cálculo de desalineación que pueda cuantificar y evaluar la desalineación que se produce al realizar la soldadura a tope.

Solución al problema

El resumen de la presente invención es como sigue:

10 (1) Un sistema de cálculo de desalineación que comprende un calculador de desalineación, para calcular el valor de la desalineación que se produce en la soldadura a tope entre las partes extremas de un primer tubo de acero y de un segundo tubo de acero, mediante la utilización de datos del perfil medidos en dirección circunferencial en la parte extrema del primer tubo de acero mediante el ajuste previo de un primer ángulo de referencia, y datos del perfil medido en dirección circunferencial en una parte extrema del segundo tubo de acero mediante el ajuste previo de un segundo ángulo de referencia, en el que el calculador de desalineación calcula el valor de la desalineación en un estado en el que el ángulo formado entre el primer ángulo de referencia y el segundo ángulo de referencia se ajusta a un ángulo de entrada, y en el que el centro de los datos del perfil que muestra la geometría de la superficie exterior en la parte extrema del primer tubo de acero está alineado con el centro de los datos del perfil que muestra la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero.

20 (2) Un sistema de cálculo de desalineación que comprende un calculador de desalineación, para calcular el valor de la desalineación que se produce en la soldadura a tope entre las partes extremas de un primer tubo de acero y de un segundo tubo de acero, mediante la utilización de datos del perfil medidos en dirección circunferencial en la parte extrema del primer tubo de acero mediante el ajuste previo de un primer ángulo de referencia, y datos del perfil medidos en dirección circunferencial en la parte extrema del segundo tubo de acero mediante el ajuste previo de un segundo ángulo de referencia, en el que el calculador de desalineación calcula el valor de la desalineación en un estado en el que el ángulo formado entre el primer ángulo de referencia y el segundo ángulo de referencia se ajusta a un ángulo de entrada, y en el que el centro de los datos del perfil que muestra la geometría de la superficie interior de la parte extrema del primer tubo de acero está alineado con el centro de los datos del perfil que muestra la geometría de la superficie interior de la parte extrema del segundo tubo de acero.

30 (3) Un sistema de cálculo de desalineación que comprende un calculador de desalineación para calcular el valor de la desalineación que se produce en la soldadura a tope entre las partes extremas de un primer tubo de acero y de un segundo tubo de acero, mediante la utilización de datos del perfil medidos en dirección circunferencial en la parte extrema del primer tubo de acero mediante el ajuste previo de un primer ángulo de referencia, y datos del perfil medidos en dirección circunferencial en la parte extrema del segundo tubo de acero mediante el ajuste previo de un segundo ángulo de referencia, en el que el calculador de desalineación gira los datos del perfil de la parte extrema del primer tubo de acero según un primer ángulo de entrada y gira los datos del perfil de la parte extrema del segundo tubo de acero según un segundo ángulo de entrada, y calcula el valor de la desalineación en un estado en el que la posición inferior de los datos del perfil que muestra la geometría de la superficie exterior en la parte extrema del primer tubo de acero está alineada con la posición inferior de los datos del perfil que muestra la geometría de la superficie exterior en una parte extrema del segundo tubo de acero.

40 (4) El sistema de cálculo de desalineación según lo descrito anteriormente en (1) o (2), que comprende además un calculador de ángulos para calcular un valor de desalineación para cada ángulo de entrada que se modifica según una magnitud de variación predeterminada usando el calculador de desalineación, y determinar el ángulo que minimiza el valor de la desalineación.

45 (5) El sistema de cálculo de desalineación según lo descrito anteriormente en (3), que comprende además un calculador de ángulos que modifica el primer ángulo según un tercer ángulo predeterminado cada vez, mientras que para cada primer ángulo así modificado, varía el segundo ángulo según un cuarto ángulo predeterminado cada vez, y calcula el valor de la desalineación para cada variación de ángulo, mediante la utilización del calculador de desalineación para determinar el primer ángulo y el segundo ángulo que minimizan el valor de la desalineación.

50 (6) El sistema de cálculo de desalineación según lo descrito anteriormente en (1) a (5), en el que el valor de la desalineación se calcula utilizando los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del segundo tubo de acero, y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero, y en el que el valor de la desalineación está definido por uno de los apartados de acuerdo con los siguientes (a), (b) y (c):

55 (a) Un área de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí,

(b) Un valor máximo de la longitud radial de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí, y

(c) Una proporción ocupada por el área de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí con respecto al área de una parte extrema del primer tubo de acero o al área de una parte extrema del segundo tubo de acero.

5 (7) El sistema de cálculo de desalineación según lo descrito anteriormente en (1) a (5), en el que el valor de la desalineación se calcula utilizando los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del segundo tubo de acero, y que está definido por uno de los apartados de acuerdo con los siguientes (d), (e) y (f):

(d) Un área de una región lateral de la superficie interior de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí,

10 (e) Un valor máximo de la longitud radial de la región lateral de la superficie interior de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí, y

(f) Una proporción ocupada por el área de una región lateral de la superficie interior de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí, con respecto al área de una parte extrema del primer tubo de acero o el área de una parte extrema del segundo tubo de acero.

15 (8) El sistema de cálculo de desalineación según lo anteriormente descrito en (1) a (5), en el que el valor de la desalineación se calcula utilizando datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero y datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero, y que está definido por uno de los apartados de acuerdo con lo siguiente en (g), (h) e (i):

20 (g) Un área de una región lateral de la superficie exterior de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí,

(h) Un valor máximo de la longitud radial de la región lateral de la superficie exterior de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí, e

25 (i) Una proporción ocupada por el área de una región lateral de la superficie exterior de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí con respecto al área de una parte extrema del primer tubo de acero o al área de una parte extrema del segundo tubo de acero.

30 (9) El sistema de cálculo de desalineación según lo descrito anteriormente en cualquiera de (4) a (8), que comprende además un generador de datos que genera un grupo de datos de desalineación realizando el paso para determinar los ángulos óptimos que minimizan el valor de la desalineación, y el valor de la desalineación para dichos ángulos óptimos utilizando el calculador de ángulos para todas las combinaciones cuando se seleccionan dos tubos de acero entre un grupo que consiste en una pluralidad de tubos de acero para hacer que se apoyen a tope entre sí; un calculador de sumas para calcular el valor total de cada valor de la desalineación para cada parte apoyada a tope cuando se apoyan a tope una pluralidad de tubos de acero, en el orden de entrada para el cálculo y en la orientación de los extremos de los tubos, mediante la utilización del grupo de datos de desalineación; y una unidad de cálculo que calcula el total de los valores de desalineación mediante el calculador de sumas para todas las combinaciones con respecto al orden y a la orientación cuando se apoyan a tope tubos de acero en el grupo, uno tras otro, para formar tubos unidos y determina el orden, la orientación y los ángulos óptimos para los que se minimiza el total de los valores de desalineación.

40 (10) El sistema de cálculo de desalineación según lo descrito anteriormente en cualquiera de (1) a (3), que comprende además una unidad de evaluación que decide si la alineación es correcta o fallida, mediante el uso de un valor umbral establecido para el valor de la desalineación calculado utilizando el calculador de desalineación.

45 En la presente memoria, el término "ángulo óptimo" se refiere a un ángulo (el ángulo formado por un primer ángulo de referencia y un segundo ángulo de referencia) para el que el valor de la desalineación se minimiza en la realización del sistema arriba descrito en (1), en el que los centros de las geometrías de la superficie exterior están alineados y en la realización del sistema anteriormente descrito en (2), en el que los centros de las geometrías de la superficie interior están alineados, y a un primer ángulo y a un segundo ángulo en los que el valor de la desalineación resulta mínimo en la realización del sistema anteriormente descrito en (3), en el que las posiciones inferiores de las geometrías de la superficie exterior están alineadas.

Efectos ventajosos de la presente invención

50 El sistema de cálculo de desalineación de la presente invención tiene las siguientes ventajas notables.

(1) Es posible cuantificar y evaluar la desalineación que se produce cuando se realiza soldadura a tope en las partes extremas de tubos de acero, y

(2) es posible determinar un ángulo que minimice la desalineación según lo descrito anteriormente en (1).

**Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 explica un ejemplo del procedimiento para calcular un valor de desalineación mediante un calculador de desalineación, en la cual la figura 1(a) muestra el procedimiento para interpolar los datos del perfil de un primer tubo de acero, la figura 1(b) el procedimiento para interpolar los datos del perfil de un segundo tubo de acero, la figura 1(c) el procedimiento para trasladar paralelamente una representación gráfica hecha por interpolación del primer tubo de acero; la figura 1(d) el procedimiento para trasladar paralelamente una representación gráfica hecha por interpolación del segundo tubo de acero; la figura 1(e) el procedimiento para girar una representación gráfica hecha por interpolación del primer tubo de acero, y la figura 1(f) el procedimiento para girar una representación gráfica hecha por interpolación del segundo tubo de acero, respectivamente.

La figura 2 es un diagrama para explicar el valor de desalineación definido en la presente invención.

La figura 3 es un diagrama de flujo que representa un ejemplo de procesamiento de un sistema, que es una realización del sistema de cálculo de desalineación de la presente invención, para calcular el orden, la orientación y el ángulo óptimo de tubos de acero para minimizar el total de los valores de desalineación en tubos unidos, en la que la figura 3(a) muestra la rutina principal, y la figura 3(b) muestra un calculador de sumas.

**Descripción de las realizaciones**

1. Calculador de desalineación

El sistema de cálculo de desalineación de la presente invención comprende un calculador de desalineación para calcular un valor de desalineación al soldar a tope las partes extremas de un primer tubo de acero y de un segundo tubo de acero. El calculador de desalineación calcula un valor de desalineación utilizando datos del perfil que indican una cualquiera o ambas de la geometría de la superficie interior y la geometría de la superficie exterior de una parte extrema de un tubo de acero. Esto se debe a que para minimizar la desalineación, no basta con solo tener en cuenta el diámetro exterior o el diámetro interior del tubo de acero, y se debe considerar la deformación de la geometría de la superficie exterior o de la geometría de la superficie interior del tubo de acero debidas a la ovalización, etc.

Los datos del perfil son datos de grupos de puntos que indican una o ambas de la geometría de la superficie exterior y de la geometría de la superficie interior en dirección circunferencial en una parte extrema del tubo de acero. Como datos de grupos de puntos se pueden utilizar, por ejemplo, datos de grupos de puntos que están formados por una pluralidad de puntos de medición, que están representados por un ángulo ( $\theta$ ) y una distancia ( $r$ ) desde el centro de medición del ángulo. Más específicamente, se pueden utilizar datos del perfil en los que el intervalo angular entre puntos de medición adyacentes sea de  $1^\circ$ .

Los datos del perfil se pueden medir con un instrumento de medición de forma. Cuando se crean datos del perfil obtenidos por medición, se establece un ángulo de referencia (referencia en  $\theta = 0^\circ$ ). Además, con el fin de identificar fácilmente el ángulo de referencia del tubo de acero en el momento de la soldadura a tope, es preferible que la posición del ángulo de referencia (la posición en la que  $\theta = 0^\circ$ ) se marque en una parte extrema del tubo de acero.

Cuando realmente se realiza la soldadura a tope de las partes extremas de los tubos de acero, se utilizan a menudo: un procedimiento para alinear los centros de las geometrías de la superficie exterior de los tubos de acero primero y segundo, un procedimiento para alinear los centros de las geometrías de la superficie interior de los tubos de acero primero y segundo, y un procedimiento para alinear las posiciones inferiores de las geometrías de la superficie exterior de los tubos de acero primero y segundo. Por lo tanto, el calculador de desalineación incluido en el sistema de cálculo de desalineación de la presente invención puede adoptar una realización en la que los centros de las geometrías de las superficies exteriores están alineados entre sí, una realización en la que los centros de las geometrías de las superficies interiores están alineados entre sí, o una realización en la que las posiciones inferiores de las geometrías de las superficies exteriores están alineadas entre sí.

En la realización en la que los centros de las geometrías de las superficies exteriores están alineados entre sí, el calculador de desalineación calcula un valor de desalineación en un estado en el que el ángulo formado entre el ángulo de referencia del primer tubo de acero y el ángulo de referencia del segundo tubo de acero se ajusta como ángulo de entrada, y en el que el centro de los datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero está alineado con el centro de los datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero.

En este caso, el valor de la desalineación, cuando una parte extrema del primer tubo de acero y una parte extrema del segundo tubo de acero están apoyadas a tope entre sí para ser soldadas, varía dependiendo de las posiciones angulares alrededor de la línea central axial del primer tubo de acero y de las posiciones angulares alrededor de la línea central axial del segundo tubo de acero. Por esta razón, es preferible que el calculador de desalineación pueda ser alimentado con un primer ángulo como variable, según el cual giran los datos del perfil de una parte extrema del primer tubo de acero, y con un segundo ángulo como variable, según el cual giran los datos del perfil de una parte extrema del segundo tubo de acero.

5 Sin embargo, en una realización en la que los centros de las geometrías de las superficies exteriores están alineados entre sí, cuando es igual el ángulo formado por la posición angular del ángulo de referencia del primer tubo de acero y por la posición angular del ángulo de referencia del segundo tubo de acero, el valor de desalineación no varía, independientemente del primer ángulo y del segundo ángulo. Por esta razón, en la presente realización, es suficiente que el ángulo formado por el ángulo de referencia del primer tubo de acero y por el ángulo de referencia del segundo tubo de acero se pueda introducir como variable. Por ejemplo, también es posible adoptar un método en el que un primer ángulo y un segundo ángulo se introducen para determinar el ángulo formado por la posición angular del ángulo de referencia del primer tubo de acero y por la posición angular del ángulo de referencia del segundo tubo de acero, a partir de dichos primero y segundo ángulos introducidos, y el valor del ángulo determinado se introduce en el calculador de desalineación.

10 Además, en una realización en la que los centros de las geometrías de las superficies interiores están alineados entre sí, el calculador de desalineación calcula el valor de la desalineación en un estado en el que el ángulo formado por el ángulo de referencia del primer tubo de acero y el ángulo de referencia del segundo tubo de acero se ajusta para ser el ángulo de entrada, y en la que el centro de los datos del perfil que indica la geometría de la superficie interior de una parte extrema del primer tubo de acero y el centro de los datos del perfil que indica la geometría de la superficie interior de una parte extrema del segundo tubo de acero están alineados. En esta realización también, si el ángulo formado por el ángulo de referencia del primer tubo de acero y por el ángulo de referencia del segundo tubo de acero permanece constante, se obtendrá el mismo valor para el valor de la desalineación. Por lo tanto, basta que el ángulo formado por el ángulo de referencia del primer tubo de acero y por el ángulo de referencia del segundo tubo de acero se pueda introducir como variable. Por ejemplo, también es posible adoptar un método en el que un primer ángulo y un segundo ángulo son entradas para determinar el ángulo formado por la posición angular del ángulo de referencia del primer tubo de acero y por la posición angular del ángulo de referencia del segundo tubo de acero a partir del primer ángulo y del segundo ángulo introducidos, y el valor del ángulo determinado se introduce en el calculador de desalineación.

15 20 25 En una realización en la que las posiciones inferiores de las geometrías de las superficie exteriores para dos tubos de acero están alineadas entre sí, el calculador de desalineación calcula el valor de la desalineación en un estado en el que los datos del perfil de una parte extrema del primer tubo de acero giran según un primer ángulo como entrada, y los datos del perfil de una parte extrema del segundo tubo de acero giran según un segundo ángulo introducido como, y la posición inferior de los datos del perfil que indica la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero y la posición inferior de los datos del perfil que indica la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero están alineadas entre sí.

30 35 En esta realización, incluso si el ángulo formado por la posición angular del ángulo de referencia del primer tubo de acero y por la posición angular del ángulo de referencia del segundo tubo de acero permanece constante, el valor de la desalineación varía dependiendo del primer ángulo y del segundo ángulo. Aquí, la posición inferior se refiere a una posición en la que un tubo de acero se pone en contacto con el suelo cuando el tubo de acero se coloca en un plano horizontal, y la alineación de las posiciones inferiores significa que se establecen los mismos valores para el valor de  $r$  para  $\theta = 270^\circ$  con respecto al eje X, en el procedimiento que se describirá con referencia a las siguientes figuras 1 y 2.

40 Se describirá un ejemplo del procedimiento para calcular el valor de la desalineación mediante un calculador de desalineación que puede adoptar las realizaciones descritas anteriormente, haciendo referencia a las figuras 1 y 2.

45 La figura 1 explica un ejemplo del procedimiento para calcular un valor de desalineación mediante un calculador de desalineación, en la que la figura 1(a) muestra el procedimiento para interpolar los datos del perfil de un primer tubo de acero, la figura 1(b) el procedimiento para interpolar los datos del perfil de un segundo tubo de acero; la figura 1(c) el procedimiento para trasladar paralelamente una representación gráfica hecha por interpolación para el primer tubo de acero; la figura 1(d) el procedimiento para trasladar paralelamente una representación hecha por interpolación para el segundo tubo de acero; la figura 1(e) el procedimiento para girar una representación gráfica hecha por interpolación para el primer tubo de acero, y la figura 1(f) el procedimiento para girar una representación gráfica hecha por interpolación para el segundo tubo de acero, respectivamente.

50 El procedimiento a describir mediante la figura 1 es un procedimiento para girar los datos del perfil de una parte extrema del primer tubo de acero según un primer ángulo como entrada, y para girar los datos del perfil de una parte extrema del segundo tubo de acero según un segundo ángulo como entrada.

55 En primer lugar, cada espacio entre puntos de medición adyacentes se interpola para los datos del perfil que se utilizarán para el cálculo del valor de la desalineación entre dos conjuntos de datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior y la geometría de la superficie interior para el primer tubo de acero. La interpolación se puede realizar con cualquier método bien conocido como, por ejemplo, interpolación lineal, interpolación mediante trazadores (splines), interpolación Bézier e interpolación clotoidal. La figura 1(a) muestra una representación gráfica 11 que representa la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero y la representación gráfica 12 que representa la geometría de la superficie interior de una parte extrema del mismo tubo. Estas representaciones graficas se han obtenido por interpolación Bézier para espacios entre puntos

adyacentes en las mediciones 31 de cada conjunto de datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema o la geometría de la superficie interior de una parte extrema del primer tubo de acero.

Como en el caso del primer tubo de acero, los espacios entre puntos de medición adyacentes se interpolan para los datos del perfil que se utilizarán para el cálculo del valor de la desalineación entre dos conjuntos de datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema y la geometría de la superficie interior de una parte extrema en el segundo tubo de acero. La figura 1 (b) muestra la representación gráfica 21 que representa la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero y la representación gráfica 22 que representa la geometría de la superficie interior de una parte extrema del mismo tubo. Estas representaciones gráficas se han obtenido por interpolación Bézier para espacios entre puntos adyacentes en las mediciones 31 de cada uno de los datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema o la geometría de la superficie interior de una parte extrema del segundo tubo de acero.

La representación gráfica que representa la geometría de la parte extrema del primer tubo de acero obtenida por interpolación (un polígono en el caso de una interpolación lineal, y una curva cerrada en el caso de una interpolación mediante "splines", etc.) se traslada paralelamente, de manera que el centro de la geometría de la superficie exterior de la parte extrema o el centro de la geometría de la superficie interior de la parte extrema se sitúan en el origen de coordenadas polares. En la figura 1(c), la representación gráfica 11 que representa la geometría de la superficie exterior de una parte extrema y la representación gráfica 12 que representa la geometría de la superficie interior de una parte extrema del primer tubo de acero, de las que el centro de la geometría de la superficie exterior de la parte extrema se sitúa en el origen de coordenadas polares mediante una traslación paralela, se representan con línea continua, y la representación gráfica que representa la geometría de la superficie exterior de la parte extrema y la geometría de la superficie interior de la parte extrema del primer tubo de acero antes de la traslación paralela, se representan con línea discontinua, respectivamente. Aquí, se obtiene el centro de la geometría de la superficie exterior de la parte extrema y el centro de la geometría de la superficie interior de la parte extrema mediante la determinación del círculo de mejor ajuste, definido como un círculo aproximado para los datos del perfil, y el cálculo de su centro. El círculo aproximado se obtiene mediante un método conocido, tal como el método de mínimos cuadrados. La figura 1(c) muestra el centro 11c de la geometría de la superficie exterior de la parte extrema del primer tubo de acero mediante un círculo negro.

Como en el caso del primer tubo de acero, la representación gráfica que representa la geometría de una parte extrema del segundo tubo de acero obtenida por interpolación se traslada paralelamente, de tal manera que el centro de la geometría de la superficie exterior de la parte extrema o el centro de la geometría de la superficie interior de la parte extrema se sitúa en el origen de coordenadas polares. En la figura 1(d), la representación gráfica 21 que representa la geometría de la superficie exterior de la parte extrema y la representación gráfica 22 que representa la geometría de la superficie interior de la parte extrema del segundo tubo de acero, de las cuales el centro de la geometría de la superficie exterior de la parte extrema se sitúa en el origen de coordenadas polares por medio de una traslación paralela, se representan con línea continua, y la representación gráfica que representa la geometría de la superficie exterior de la parte extrema y la geometría de la superficie interior de la parte extrema del segundo tubo de acero antes de la traslación paralela, se muestran con línea discontinua, respectivamente. Además, el centro 21c de la geometría de la superficie exterior de la parte extrema del segundo tubo de acero está representado por un círculo negro lleno.

La representación gráfica que representa la geometría de la parte extrema del primer tubo de acero que se ha trasladado paralelamente se gira según un primer ángulo mediante transformación de coordenadas. En la figura 1(e), la representación gráfica 11 que representa la geometría de la superficie exterior de la parte extrema del primer tubo de acero y la representación gráfica 12 que representa la geometría de la superficie interior de la parte extrema, que han girado un primer ángulo, se muestran con línea continua, y las representaciones gráficas que representan la geometría de la superficie exterior de la parte extrema y la geometría de la superficie interior de la parte extrema del primer tubo de acero antes del giro, se muestran con línea discontinua, respectivamente.

Al igual que en el caso del primer tubo de acero, la representación gráfica que muestra la geometría de la parte extrema del segundo tubo de acero que se ha trasladado paralelamente se gira según un segundo ángulo mediante transformación de coordenadas. En la figura 1(f) la representación gráfica 21 que representa la geometría de la superficie exterior de la parte extrema del segundo tubo de acero, y la representación gráfica 22 que representa la geometría de la superficie interior de la parte extrema que se han girado según un segundo ángulo se muestran con línea continua, y las representaciones gráficas que representan la geometría de la superficie exterior de la parte extrema y la geometría de la superficie interior de la parte extrema del segundo tubo de acero antes del movimiento de giro se muestran con líneas discontinuas, respectivamente.

Las representaciones gráficas obtenidas de esta manera, que representan las geometrías de la parte extrema del primer tubo de acero y del segundo tubo de acero, se utilizan para calcular un valor de desalineación. El procedimiento que se ha descrito utilizando la figura 1 es un procedimiento para girar los datos del perfil de una parte extrema del primer tubo de acero según un primer ángulo de entrada, y para girar los datos del perfil de una parte extrema del segundo tubo de acero según un segundo ángulo de entrada, y se puede aplicar tal como está en la realización en la que las posiciones inferiores de las geometrías de la superficie exterior están alineadas entre sí.

Además, el procedimiento descrito anteriormente se puede aplicar a una realización en la que los centros de las geometrías de las superficies exteriores están alineados entre sí, y a una realización en la que los centros de las geometrías de las superficies interiores están alineados entre sí, si se modifica una parte del procedimiento mostrado en la figura 1. Más específicamente, el procedimiento que se ha descrito utilizando la figura 1 se puede realizar dejando un primer ángulo de  $0^\circ$  y determinando un segundo ángulo, para lo cual el ángulo formado por el ángulo de referencia del primer tubo de acero y por el ángulo de referencia del segundo tubo de acero se convierte en un ángulo de entrada, que utiliza el primer ángulo y el segundo ángulo. Es decir, el procedimiento descrito anteriormente se puede realizar dejando que el primer ángulo sea  $0^\circ$  y, por lo tanto, omitiendo sustancialmente el procedimiento para girar la representación gráfica del primer tubo de acero de la figura 1(e).

Además, el procedimiento que se ha descrito utilizando la figura 1 se puede realizar dejando que el segundo ángulo sea  $0^\circ$  y determinando un primer ángulo, para lo cual el ángulo formado por el ángulo de referencia del primer tubo de acero y por el ángulo de referencia del segundo tubo de acero se convierte en un ángulo de entrada, que utiliza el primer ángulo y el segundo ángulo. Es decir, el procedimiento descrito anteriormente se puede realizar dejando que el segundo ángulo sea  $0^\circ$  y, de este modo, omitiendo sustancialmente el procedimiento para girar la representación gráfica del segundo tubo de acero de la figura 1(f).

El valor de la desalineación se calcula utilizando las representaciones gráficas así obtenidas que representan las geometrías de las partes extremas de los tubos de acero primero y segundo. Más específicamente, se invierte una de las representaciones gráficas que representan las geometrías de las partes extremas de los tubos de acero primero y segundo, siendo el eje Y el eje de simetría (tras la transformación especular con respecto al eje Y), y se superponen la representación gráfica que se ha invertido y la otra representación gráfica que no es preciso invertir.

Sin embargo, en la realización en la que las posiciones inferiores de las geometrías de las superficies exteriores están alineadas entre sí, es necesario que la representación gráfica que representa la geometría de la parte extrema del primer tubo de acero o del segundo tubo de acero que ha sido girada sea paralelamente trasladada de manera que la posición inferior (valor  $r$  cuando  $\theta = 270^\circ$  con respecto al eje X) de la geometría de la superficie exterior de la parte extrema del primer tubo de acero, y la posición inferior (valor  $r$  cuando  $\theta = 270^\circ$  con respecto al eje X) de la geometría de la superficie exterior de la parte extrema del segundo tubo de acero, están alineadas entre sí, y que se realiza el procedimiento de superposición.

El valor de la desalineación se calcula basándose en representaciones gráficas así superpuestas. Como valor de desalineación se pueden adoptar, por ejemplo, los apartados anteriores (a) a (i). Cada apartado se describirá utilizando la siguiente figura 2.

La figura 2 es un diagrama para explicar el valor de desalineación definido en la presente invención. En la figura 2, la representación gráfica 11 que representa la geometría de la superficie exterior de la parte extrema del primer tubo de acero y la representación gráfica 12 que representa la geometría de la superficie interior de la parte extrema del primer tubo (en lo sucesivo, también denominadas simplemente “geometría de la superficie exterior del primer tubo de acero” y “geometría de la superficie interior del primer tubo de acero”) se muestran en líneas continuas, y la representación gráfica 21 que representa la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero y la representación gráfica 22 que representa la geometría de la superficie interior de la parte extrema del segundo tubo (en lo sucesivo, también denominadas simplemente “geometría de la superficie exterior del segundo tubo de acero” y “geometría de la superficie interior del segundo tubo de acero”), se muestran, respectivamente, con línea discontinua de dobles puntos. Como se muestra en la figura 2, la desalineación está constituida por una región sin contacto 13 del lado de la superficie exterior y por una región sin contacto 14 del lado de la superficie interior del primer tubo de acero, y por una región sin contacto 23 del lado de la superficie interior y por una región sin contacto 24 del lado de la superficie interior del segundo tubo de acero.

Aquí, la región sin contacto 13 del lado de la superficie exterior del primer tubo de acero es una parte, que no está en contacto con el segundo tubo de acero, de la cara extrema del primer tubo de acero y es una región definida por la 11 geometría de la superficie exterior del primer tubo de acero y por la geometría 21 de la superficie exterior del segundo tubo de acero. Además, la región sin contacto 14 del lado de la superficie interior del primer tubo de acero es una parte, que no está en contacto con el segundo tubo de acero, de la cara extrema del primer tubo de acero, y es una región definida por la geometría 12 de la superficie interior del primer tubo de acero y por la geometría 22 de la superficie interior del segundo tubo de acero. La parte sin contacto 23 del lado de la superficie exterior del segundo tubo de acero es una parte, que no está en contacto con el primer tubo de acero, de la cara extrema del segundo tubo de acero, y es una región definida por la geometría 11 de la superficie exterior del primer tubo de acero y por la geometría 21 de la superficie exterior del segundo tubo de acero. La región sin contacto 24 del lado de la superficie exterior del segundo tubo de acero es una parte, que no está en contacto con el primer tubo de acero, de la cara extrema del segundo tubo de acero, y es una región definida por la geometría 12 de la superficie interior del primer tubo de acero y por la geometría 22 de la superficie interior del segundo tubo de acero.

El área de la parte sin contacto cuando se apoyan a tope entre sí según lo descrito anteriormente en (a) es un valor obtenido sumando las áreas de la región sin contacto 13 del lado de la superficie exterior y de la región sin contacto 14 del lado de la superficie interior del primer tubo de acero, y la región sin contacto 23 del lado de la superficie exterior y la región sin contacto 24 del lado de la superficie interior del segundo tubo de acero. Por otra parte, el área



de la región del lado de la superficie interior de la parte sin contacto cuando se apoyan a tope entre sí según lo descrito anteriormente en (d), es un valor obtenido sumando las áreas de la región sin contacto 14 del lado de la superficie interior del primer tubo de acero y de la región sin contacto 24 del lado de la superficie interior del segundo tubo de acero. El área de la región del lado de la superficie exterior de la parte sin contacto cuando se apoyan a tope entre sí según lo descrito anteriormente en (g), es un valor obtenido sumando las áreas de la región sin contacto 13 del lado de la superficie exterior del primer tubo de acero y de la región sin contacto 23 del lado de la superficie exterior del segundo tubo de acero.

La proporción ocupada por el área de la parte sin contacto cuando está apoyada a tope con respecto al área de una parte extrema del primer tubo de acero o de una parte extrema del segundo tubo de acero (en lo sucesivo, también denominada simplemente "el área de la parte extrema del tubo de acero") según lo descrito anteriormente en (c) es la proporción ocupada por el área de lo descrito anteriormente en (a) con respecto al área de la parte extrema de un tubo de acero. Además, la proporción ocupada por el área de la región de la parte sin contacto del lado de la superficie interior cuando está apoyada a tope con respecto al área de la parte extrema del tubo de acero según lo descrito anteriormente en (f), es la proporción ocupada por el área de lo descrito anteriormente en (d) con respecto al área de la parte extrema del tubo de acero. La proporción ocupada por el área de la región del lado de la superficie exterior de la porción sin contacto cuando se apoya a tope juntamente con respecto al área de la parte extrema del tubo de acero según lo anteriormente descrito en (i) es la proporción ocupada por el área de lo anteriormente descrito en (g) con respecto al área de la parte extrema del tubo de acero. En este caso, como el área de la parte extrema de un tubo de acero se puede adoptar, por ejemplo, el área calculada a partir de los datos del perfil, el área calculada a partir de un diámetro exterior nominal y de un diámetro interior nominal, y el área calculada a partir de un diámetro exterior medio y de un diámetro interior medio.

La longitud radial de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí se compone de una longitud  $w_1$  de la parte sin contacto del lado de la superficie exterior y una longitud  $w_2$  de la parte sin contacto del lado de la superficie interior, como se muestra en la figura 2. Aquí, la longitud  $w_1$  de la parte sin contacto del lado de la superficie exterior es la distancia en dirección radial desde la geometría 11 de la superficie exterior del primer tubo de acero hasta la geometría 12 de la superficie exterior del segundo tubo de acero. Además, la longitud  $w_2$  de la parte sin contacto del lado de la superficie interior es la distancia en dirección radial desde la geometría 21 de la superficie interior del primer tubo de acero hasta la geometría 22 de la superficie interior del segundo tubo de acero.

La longitud radial de la parte sin contacto cuando se apoyan a tope entre sí según lo descrito anteriormente en (b) es un valor obtenido sumando la longitud  $w_1$  de la parte sin contacto del lado de la superficie exterior y la longitud  $w_2$  de la parte sin contacto del lado de la superficie interior. El valor máximo de la misma es un valor máximo cuando la longitud radial de una que se pone sin contacto se determina para cada ángulo predeterminado de 0 a 360°. Además, la longitud radial de la región de la parte sin contacto del lado de la superficie interior cuando se apoyan a tope entre sí según lo descrito anteriormente en (e) es la longitud  $w_2$  de la parte sin contacto del lado de la superficie interior, y el valor máximo de la misma es un valor máximo cuando la longitud  $w_2$  de la parte sin contacto del lado de la superficie interior se determina para cada ángulo predeterminado. La longitud radial de la región de la parte sin contacto del lado de la superficie exterior cuando se apoyan a tope entre sí según lo anteriormente descrito en (h) es la longitud  $w_1$  de la parte sin contacto del lado de la superficie exterior, y su valor máximo es el valor máximo cuando la longitud  $w_1$  de la parte sin contacto del lado de la superficie exterior se determina para cada ángulo predeterminado.

Los apartados de los descritos anteriormente (a) a (c) se calculan utilizando los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del segundo tubo, y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero. Además, los apartados descritos anteriormente (d) a (f) se calculan utilizando los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del segundo tubo de acero. Los apartados descritos anteriormente (g) a (i) se calculan utilizando los datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero.

Mediante el cálculo del valor de la desalineación utilizando los datos del perfil de una parte extrema del tubo de acero, es posible cuantificar y evaluar la desalineación. Por lo tanto, al soldar a tope las partes extremas de tubos de acero en la producción de tubos unidos, el cálculo y la evaluación del valor de la desalineación mediante la utilización del sistema de cálculo de desalineación de la presente invención permitirán conocer el riesgo de fallo en el tubo unido resultante.

## 2. Calculador de ángulos

El sistema de cálculo de desalineación de la presente invención preferiblemente incluye además un calculador de ángulos para determinar el ángulo óptimo que minimiza el valor de la desalineación. Como resultado, en la soldadura a tope de las partes extremas de tubos de acero en la producción de tubos unidos, al determinar el ángulo

óptimo que minimiza el valor de la desalineación, mediante la utilización del sistema de cálculo de desalineación de la presente invención, y al ajustar el ángulo entre los tubos de acero primero y segundo, basándose en el ángulo óptimo determinado, se permitirá la minimización de la desalineación.

5 En consecuencia, se posibilita la reducción del riesgo de fallo en la parte apoyada a tope de un tubo unido fabricado mediante soldadura a tope de las partes extremas de tubos de acero.

10 En una realización en la que los centros de las geometrías de las superficies exteriores están alineados y en una realización en la que los centros de las geometrías de las superficies interiores están alineados, el calculador de ángulos calcula los valores de desalineación para cada ángulo de entrada que varía en una magnitud predeterminada de variación, utilizando el calculador de desalineación para determinar un ángulo (el ángulo formado por un primer ángulo de referencia y por un segundo ángulo de referencia) en el que el valor de la desalineación se minimiza. En tal caso, es preferible que el calculador de ángulos proporcione un ángulo en el que el valor de desalineación se minimice, así como el valor de desalineación en el ángulo así proporcionado. Además, el intervalo angular en el que se calcula el valor de desalineación se puede ajustar, por ejemplo, al mismo ángulo que el intervalo angular entre puntos de medición adyacentes en los datos del perfil.

15 En una realización en la que las posiciones inferiores de las geometrías de las superficies exteriores están alineadas, el calculador de ángulos calcula valores de desalineación utilizando el calculador de desalineación para determinar unos ángulos primero y segundo en los que el valor de desalineación se minimiza al variar (aumentar o disminuir) el primer ángulo por un tercer ángulo predeterminado cada vez, y también al variar (aumentar o disminuir) el segundo ángulo por un cuarto ángulo predeterminado cada vez con respecto a cada ángulo variado del primer ángulo. En esta ocasión, el calculador de ángulos proporciona preferiblemente los ángulos primero y segundo en los que el valor de desalineación se minimiza, así como los valores de desalineación en los ángulos primero y segundo así proporcionados. Además, los intervalos angulares en los que se calcula el valor de la desalineación, es decir, el tercer ángulo predeterminado y el cuarto ángulo predeterminado, se pueden ajustar al mismo ángulo que el intervalo angular entre puntos de medición adyacentes en los datos del perfil.

25 3. Cálculo del orden, de la orientación y de los ángulos de las tuberías de acero

A continuación se describe, con referencia a la figura 3, un sistema, que es una realización del sistema de cálculo de desalineación de la presente invención, para calcular el orden de la disposición, la orientación de las partes extremas de los tubos, y el ángulo óptimo de tubos de acero en los que el total de los valores de desalineación se minimiza cuando un grupo de tubos de acero se une para formar tubos unidos.

30 La figura 3 es un diagrama de flujo que representa un ejemplo de procesamiento de un sistema, que muestra una realización del sistema de cálculo de desalineación de la presente invención, para calcular el orden de disposición, la orientación de las partes extremas de los tubos y los ángulos de los tubos de acero, para minimizar el total de los valores de desalineación en tubos unidos, en la que la figura 3(a) muestra una rutina principal, y la figura 3(b) muestra un calculador de sumas. Los caracteres de referencia S1 a S17 y S21 a S24 en los dibujos representan pasos de procesamiento.

35 Aquí, en el ejemplo de procesamiento mostrado en la figura 3, se supone calcular el orden, la orientación y los ángulos de los tubos de acero que minimizan el total de los valores de desalineación en un grupo de  $i$  longitudes de tubos de acero. A estas " $i$ " longitudes de tubos de acero se les asignan números de índice 1 a  $i$ , siendo un número de índice 1 asignado a un extremo de un tubo y un número de índice 2 al extremo opuesto del tubo, en cada tubo de acero. Además, en la presente descripción, se supone que el calculador de desalineación calcula el valor de desalineación con los centros de las geometrías de la superficie exterior que están alineados entre sí, y el calculador de ángulos calcula valores de desalineación en cada ángulo de  $1^\circ$  para determinar un ángulo en el que el valor de desalineación se minimiza (el ángulo formado por un primer ángulo de referencia y un segundo ángulo de referencia) como el ángulo óptimo.

40 En el proceso principal mostrado en la figura 3(a), en primer lugar los grupos de datos de desalineación son producidos por un generador de datos que realiza el procesamiento para determinar el ángulo (ángulo óptimo) en el que el valor de desalineación se minimiza y el valor de desalineación en ese ángulo (ángulo óptimo) mediante la utilización de un calculador de ángulos para todas las combinaciones, al seleccionar dos tubos de acero de entre un grupo de tubos de acero para apoyarlos a tope entre sí. En el ejemplo de procesamiento mostrado en la figura 3, las etapas S1 a S10 corresponden al generador de datos. En el generador de datos, el procesamiento mediante el calculador de ángulos S5 y la etapa S6 para almacenar los resultados de los mismos en un grupo de datos de desalineación se realizan repetidamente. La repetición se realiza variando: una variable  $j$  que indica el número de índice del tubo de acero seleccionado como el primer tubo de acero en un intervalo de 1 a  $(i - 1)$ ; una variable  $k$  que indica el número de índice del tubo de acero seleccionado como el segundo tubo de acero en un intervalo desde  $(j + 1)$  hasta  $i$ ; una variable  $l$  que indica el número de índice de la parte extrema apoyada a tope del primer tubo de acero en un intervalo de 1 ó 2; y una variable  $m$  que indica el número de índice de la parte extrema apoyada a tope del segundo tubo de acero en un intervalo de 1 ó 2.

Dicho cálculo repetitivo genera grupos de datos de desalineación (por ejemplo, una tabla y una matriz). Cuando se produce una tabla, la columna de la tabla puede estar compuesta por: por ejemplo, el número de índice del tubo de acero seleccionado como el primer tubo de acero y el número de índice de la parte extrema a apoyar a tope del primer tubo de acero; el número de índice del tubo de acero seleccionado como segundo tubo de acero y el número de índice de la parte extrema a apoyar a tope del segundo tubo de acero; y el ángulo (ángulo óptimo) en el que se minimiza la desalineación y el valor de la desalineación para ese ángulo (ángulo óptimo). El número de columnas a producir será  $\{ i \times (i - 1) / 2 \} \times 4$ .

A continuación, la orientación, el orden y los ángulos (ángulo óptimo) de los tubos de acero en los que el total de los valores de desalineación se minimiza, se determinan con una unidad de cálculo. Este procesamiento de la unidad de cálculo de datos corresponde a las etapas S11 a S17 en el ejemplo de procesamiento mostrado en la figura 3. El procesamiento de la unidad de cálculo de datos se compone del paso S11 para determinar el orden de la disposición y de los pasos S12 a S17 para determinar la condición en la que el total de los valores de desalineación se minimiza mediante la utilización de los datos del orden de disposición.

En el paso S11, todas las combinaciones de orden y orientación para los tubos de acero cuando se realiza soldadura a tope se determinan y se almacenan en los datos del orden de disposición (por ejemplo, una tabla o una matriz). Cuando los datos de orden de disposición se almacenan como una tabla, la columna del orden de disposición se compone de: por ejemplo, el número de índice del tubo de acero que se colocará en la primera posición, el número de índice del extremo del tubo que se colocará en el lado posterior del primer tubo de acero, el número del tubo de acero que se colocará en la segunda posición, el número de índice del extremo del tubo que se colocará en el lado posterior del segundo tubo de acero, ..., el número del tubo de acero que se colocará en la posición  $i$ -ésima, y el número de índice del extremo del tubo que se colocará en la parte posterior del  $i$ -ésimo tubo de acero. El número de filas en la tabla del orden de disposición resultante será  $i! \times 2 (i - 1)$ . En este caso, el extremo del tubo que se colocará en el lado posterior es el extremo del tubo, que se apoyará a tope en una parte extrema del tubo de acero a situar en la posición  $(p + 1)$ -ésima, de las partes extremas del tubo de acero que se colocarán en la posición  $p$ -ésima (donde  $p$  es un número entero desde 1 hasta  $(i - 1)$ ), o una parte extrema, en la que no se realiza la soldadura a tope, de las partes extremas del tubo de acero que se colocarán en la posición  $i$ -ésima.

A continuación, en los pasos S12 a S16, el paso S13 para determinar el total de los valores de desalineación y los pasos S14 a S15 para almacenar el número de fila de la tabla del orden de disposición y los valores totales de los valores de desalineación cuando el total de los valores de desalineación es mínimo, se repiten para cada fila de la tabla del orden de disposición mediante un calculador de sumas. Como resultado de esto, se determinan el número de fila en el que el total de los valores de desalineación se minimiza y el total de los valores de desalineación. La lectura de los datos de la tabla del orden de disposición usando el número de fila en el que el total de los valores de desalineación determinados se minimiza, hace posible obtener el orden de selección y la orientación del extremo del tubo de acero en el que el valor de desalineación se minimiza. El ángulo (ángulo óptimo) en el que se minimiza el valor de desalineación es leído sucesivamente del grupo de datos de desalineación utilizando el orden así obtenido y la orientación del extremo del tubo de acero, y se suma. A continuación, se proporcionan (S17) el orden, la orientación y el ángulo (ángulo óptimo) así determinados del tubo de acero para los que se minimiza el total de los valores de desalineación.

Por otra parte, como se muestra en la figura 3(b), el calculador de sumas realiza el paso S22 para recuperar el valor de desalineación mínima al hacer que el tubo de acero se coloque en la posición  $o$ -ésima y el tubo de acero que se va a colocar en la posición  $(o + 1)$ -ésima se apoyen a tope entre sí, consultando el grupo de datos de desalineación, y el paso S23 para sumar al total de los valores de desalineación. En el paso S22 para recuperar un valor de desalineación mínima, por ejemplo, el número de índice del tubo de acero que se ha de colocar en la posición  $o$ -ésima; el número de índice de la parte extrema, que se apoyará a tope en el tubo de acero situado en la posición  $(o + 1)$ -ésima, del tubo de acero a colocar en la posición  $o$ -ésima; el número de índice del tubo de acero que se va a colocar en la posición  $(o + 1)$ -ésima, y el número de índice de la parte extrema, que se apoyará a tope en el tubo de acero que se situará en la posición  $o$ -ésima, del tubo de acero a situar en la posición  $(o + 1)$ -ésima se obtienen utilizando la tabla de orden de disposición. Consultando el grupo de datos de desalineación mediante su uso como condición de búsqueda, es posible obtener un valor de desalineación mínimo.

Además, en el paso S23 para sumar al total de los valores de desalineación, el valor de desalineación mínima recuperado se suma a una variable que indica el total de valores de desalineación. Mediante la realización de este paso para  $o$  desde 1 hasta  $(i - 1)$  en orden, se calcula el total de los valores de desalineación.

Por lo tanto, al ser proporcionado con el generador de datos, el calculador de sumas, y la unidad de cálculo, el sistema de cálculo de desalineación de la presente invención puede determinar el orden, la orientación y el ángulo óptimo de tubos de acero en los que el total de los valores de desalineación se minimiza al apoyar a tope un grupo de tubos de acero uno tras otro formando una tubería unida. Por lo tanto, la determinación de los datos de orden, orientación y ángulo óptimo de los tubos de acero en los que se minimiza el total de los valores de desalineación, utilizando el sistema de cálculo de desalineación de la presente invención al producir una tubería unida a partir de un grupo de tubos de acero y, basándose en esto, la realización de la soldadura a tope con el ajuste del orden, de la orientación y del ángulo de las tuberías de acero, permitirá minimizar la desalineación y el riesgo de fallo de la tubería unida resultante.

4. Unidad de evaluación

Por otra parte, el sistema de cálculo de desalineación de la presente invención puede adoptar una configuración que incluya el calculador de desalineación descrito anteriormente, y una unidad de evaluación que decide entre aceptación o fallo utilizando un valor umbral establecido para el valor de la desalineación calculado utilizando el calculador de desalineación. Esto permitirá que, fácilmente, el valor de la desalineación no se mantenga más alto que el valor umbral al realizar la soldadura a tope. Por lo tanto, en la producción de tuberías unidas, al evaluar el valor de la desalineación usando el sistema de cálculo de desalineación de la presente invención sobre las partes extremas al soldar a tope tubos de acero contiguos y ajustando de este modo los tubos de acero primero y segundo para tener un ángulo en el que el valor de la desalineación no supere el valor umbral, será posible mejorar la calidad de las tuberías unidas resultantes. El valor umbral se puede ajustar adecuadamente en función de las representaciones gráficas calculadas como el valor de desalineación, el tamaño del tubo de acero, la resistencia a la rotura en la zona de soldadura requerida para el tubo unido.

El sistema de cálculo de desalineación de la presente invención hasta aquí descrito se puede realizar, por ejemplo, mediante un programa para realizar el procesamiento descrito anteriormente, y un ordenador. El ordenador puede estar constituido por una sección de entrada de datos (por ejemplo, un teclado y un ratón), una sección de procesamiento de datos (una CPU y una memoria, etc.) a la que esté conectada la sección de entrada de datos, una sección de almacenamiento de datos (una memoria de gran escala) conectada con la sección de procesamiento de datos, y una sección de visualización del resultado del procesamiento (una pantalla de monitor) conectada con la sección de procesamiento de datos.

**Aplicabilidad industrial**

El sistema de cálculo de desalineación de la presente invención tiene las siguientes ventajas destacables.

(1) Es posible cuantificar y evaluar la desalineación que se produce cuando se realiza la soldadura a tope de las partes extremas de tubos de acero, y

(2) es posible determinar un ángulo en el que la desalineación sea mínima según lo descrito anteriormente en (1).

El uso de tal sistema de cálculo de desalineación de la presente invención en la producción de tubos unidos hace posible reducir el riesgo de fallo en los tubos unidos resultantes, contribuyendo de este modo en gran medida a mejorar la calidad de los tubos unidos.

**Lista de símbolos de referencia**

11: Representación gráfica que representa la geometría de la superficie exterior del primer tubo de acero

11c: Centro de la geometría de la superficie exterior del primer tubo de acero

12: Representación gráfica que representa la geometría de la superficie interior del primer tubo de acero

13: Región sin contacto del lado de la superficie exterior del primer tubo de acero

14: Región sin contacto del lado de la superficie interior del primer tubo de acero

21: Representación gráfica que representa la geometría de la superficie exterior del segundo tubo de acero

21c: Centro de la geometría de la superficie exterior del segundo tubo de acero

22: Representación gráfica que representa la geometría de la superficie interior del segundo tubo de acero

23: Región sin contacto del lado de la superficie exterior del segundo tubo de acero

24: Región sin contacto del lado de la superficie interior del segundo tubo de acero

31: Puntos de medición para datos del perfil

w1: Longitud de la parte sin contacto del lado de la superficie exterior

w2: Longitud de la parte sin contacto del lado de la superficie interior

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de cálculo de desalineación que comprende un calculador de desalineación para calcular el valor de la desalineación que se produce en la soldadura a tope entre las partes extremas de un primer tubo de acero y de un segundo tubo de acero utilizando datos del perfil medidos en una dirección circunferencial en la parte extrema del primer tubo de acero mediante el ajuste previo de un primer ángulo de referencia, y datos del perfil medidos en dirección circunferencial en la parte extrema del segundo tubo de acero mediante el ajuste previo de un segundo ángulo de referencia, en el que
- 5 - el calculador de desalineación calcula el valor de la desalineación en un estado en el que se cumple uno de los siguientes supuestos (A), (B) o (C):
- 10 A) el ángulo formado entre el primer ángulo de referencia y el segundo ángulo de referencia se ajusta a un ángulo de entrada, y en el que el centro de los datos del perfil que muestra la geometría (11) de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero está alineado con el centro de los datos del perfil que muestra la geometría (21) de la superficie exterior de la parte extrema del segundo tubo de acero;
- 15 B) el ángulo formado entre el primer ángulo de referencia y el segundo ángulo de referencia se ajusta a un ángulo de entrada, y en el que el centro de los datos del perfil que muestra la geometría (12) de la superficie interior de la parte extrema del primer tubo de acero está alineado con el centro de los datos del perfil que muestra la geometría (22) de la superficie interior de la parte extrema del segundo tubo de acero; y
- 20 C) los datos del perfil de la parte extrema del primer tubo de acero se giran según un primer ángulo de entrada y los datos del perfil de la parte extrema del segundo tubo de acero se giran según un segundo ángulo de entrada, y la posición inferior de los datos del perfil que muestran la geometría de la superficie exterior en una parte extrema del primer tubo de acero está alineada con la posición inferior de los datos del perfil que muestran la geometría de la superficie exterior de la parte extrema del segundo tubo de acero.
2. Sistema de cálculo de desalineación según la reivindicación 1, caracterizado por que en el caso (A) o (B)
- 25 - el sistema de cálculo de desalineación comprende además un calculador de ángulos para calcular un valor de desalineación para cada ángulo de entrada que varía en una magnitud predeterminada de variación mediante la utilización del calculador de desalineación, y mediante la determinación del ángulo en el que el valor de desalineación se minimiza.
3. Sistema de cálculo de desalineación según la reivindicación 1, caracterizado por que en el caso (C)
- 30 - el sistema de cálculo de desalineación comprende además un calculador de ángulos que varía el primer ángulo según un tercer ángulo predeterminado cada vez, mientras que varía el segundo ángulo según un cuarto ángulo predeterminado cada vez para cada primer ángulo así modificado, y calcula el valor de la desalineación para cada variación de ángulo utilizando el calculador de desalineación, para determinar el primer ángulo y el segundo ángulo en los que el valor de la desalineación se minimiza.
4. Sistema de cálculo de desalineación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que:
- 35 - el valor de la desalineación se calcula utilizando los datos del perfil que indican la geometría (12) de la superficie interior en una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría (22) de la superficie interior en una parte extrema del segundo tubo de acero, y los datos del perfil que indican la geometría (11) de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría (21) de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero; y
- 40 - el valor de la desalineación es uno de los apartados entre los siguientes (a), (b) y (c):
- (a) un área de una parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí,
- (b) el valor máximo de una longitud radial  $w_1$ ,  $w_2$  de la parte sin contacto cuando están apoyados a tope entre sí, y
- 45 (c) la proporción ocupada por el área de la parte sin contacto cuando está apoyada a tope conjuntamente con respecto al área de una parte extrema del primer tubo de acero o de una parte extrema del segundo tubo de acero.
5. Sistema de cálculo de desalineación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que:
- 50 - el valor de la desalineación se calcula utilizando los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del primer tubo de acero y los datos del perfil que indican la geometría de la superficie interior de una parte extrema del segundo tubo de acero, y es uno de los apartados entre los siguientes (d), (e) y (f):

(d) el área de la región del lado de la superficie interior de la parte sin contacto cuando están apoyadas a tope entre sí,

(e) el valor máximo de la longitud radial de la región del lado de la superficie interior de la parte sin contacto cuando están apoyadas a tope entre sí, y

5 (f) la proporción ocupada por el área de la región del lado de la superficie interior de la parte sin contacto cuando están apoyadas a tope entre sí con respecto al área de una parte extrema del primer tubo de acero o de una parte extrema del segundo tubo de acero.

6. Sistema de cálculo de desalineación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que:

10 - el valor de la desalineación se calcula utilizando datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del primer tubo de acero y datos del perfil que indican la geometría de la superficie exterior de una parte extrema del segundo tubo de acero, y es uno de los apartados entre los siguientes (g), (h) e (i):

(g) el área de la región del lado de la superficie exterior de la parte sin contacto cuando están apoyadas a tope entre sí,

15 (h) el valor máximo de la longitud radial de la región del lado de la superficie exterior de la parte sin contacto cuando están apoyadas a tope entre sí, e

(i) la proporción ocupada por el área de la región del lado de la superficie exterior de la parte sin contacto cuando están apoyadas a tope entre sí con respecto al área de una parte extrema del primer tubo de acero o de una parte extrema del segundo tubo de acero.

20 7. Sistema de cálculo de desalineación según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado por que el sistema comprende además:

- un generador de datos que genera un grupo de datos de desalineación realizando un paso para determinar el ángulo óptimo en el que el valor de la desalineación se minimiza y el valor de la desalineación en dicho ángulo óptimo utilizando el calculador de ángulos para todas las combinaciones al seleccionar dos tubos de acero de entre un grupo consistente en una pluralidad de tubos de acero para unirlos apoyados a tope entre sí;

25 - un calculador de sumas para calcular el valor total de cada valor de desalineación para cada parte apoyada a tope cuando se apoyan a tope una pluralidad de tubos de acero en el orden de entrada para el cálculo y la orientación de las partes extremas de los tubos usando el grupo de datos de desalineación; y

30 - una unidad de cálculo que calcula el total de los valores de desalineación utilizando el calculador de sumas para todas las combinaciones respecto al orden y a la orientación al apoyar a tope tubos de acero en el grupo uno tras otro para formar tubos unidos y determina el orden, la orientación y el ángulo óptimo al que el total de los valores de desalineación se minimiza.

8. Sistema de cálculo de desalineación según la reivindicación 1, caracterizado por que el sistema comprende además

35 - una unidad de evaluación que evalúa la aceptación o fallo utilizando un valor umbral establecido para el valor de la desalineación calculado utilizando el calculador de desalineación.

9. Procedimiento para calcular el valor de la desalineación utilizando el sistema de cálculo de desalineación según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

40

FIG. 1

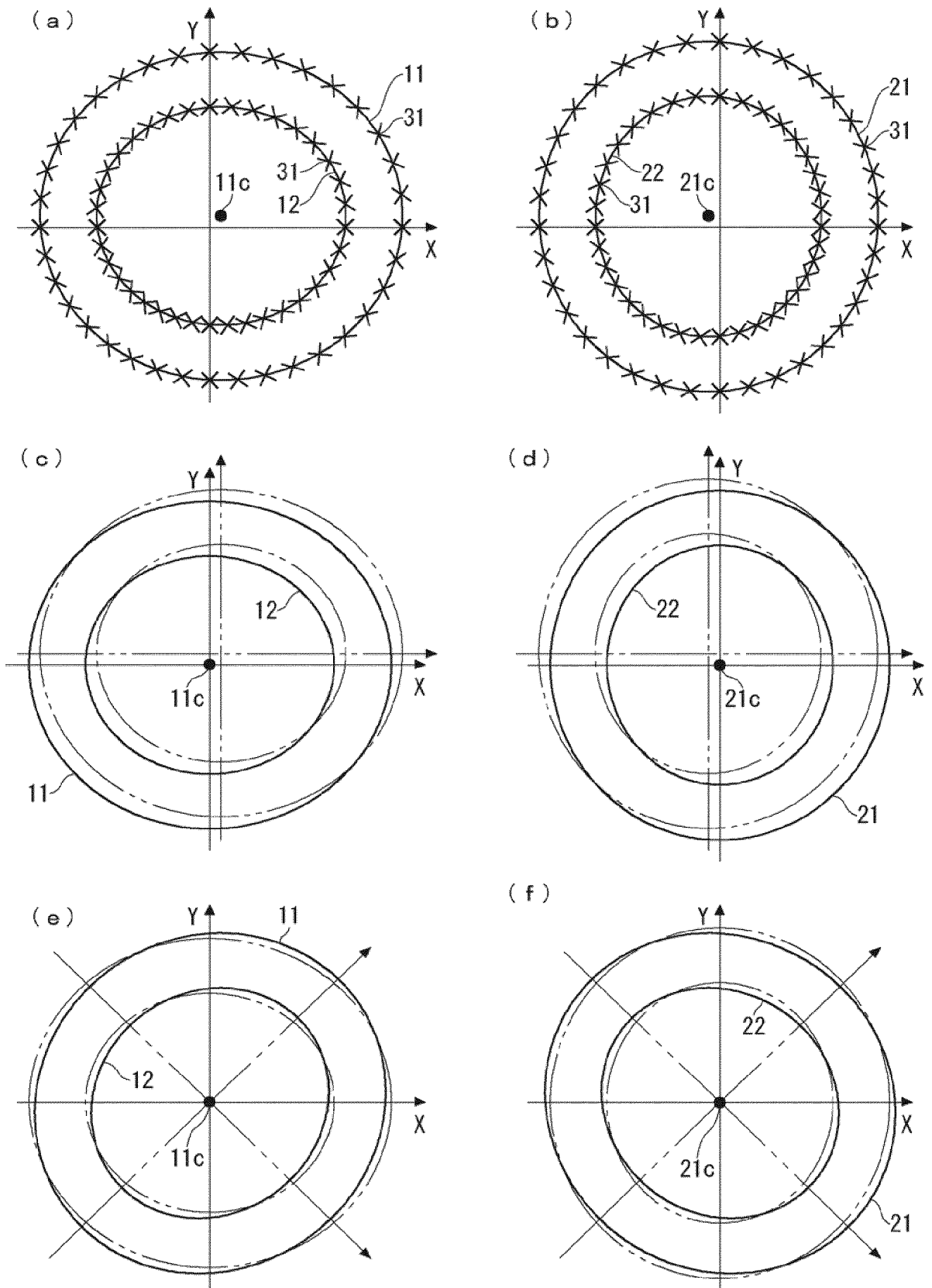


FIG. 2

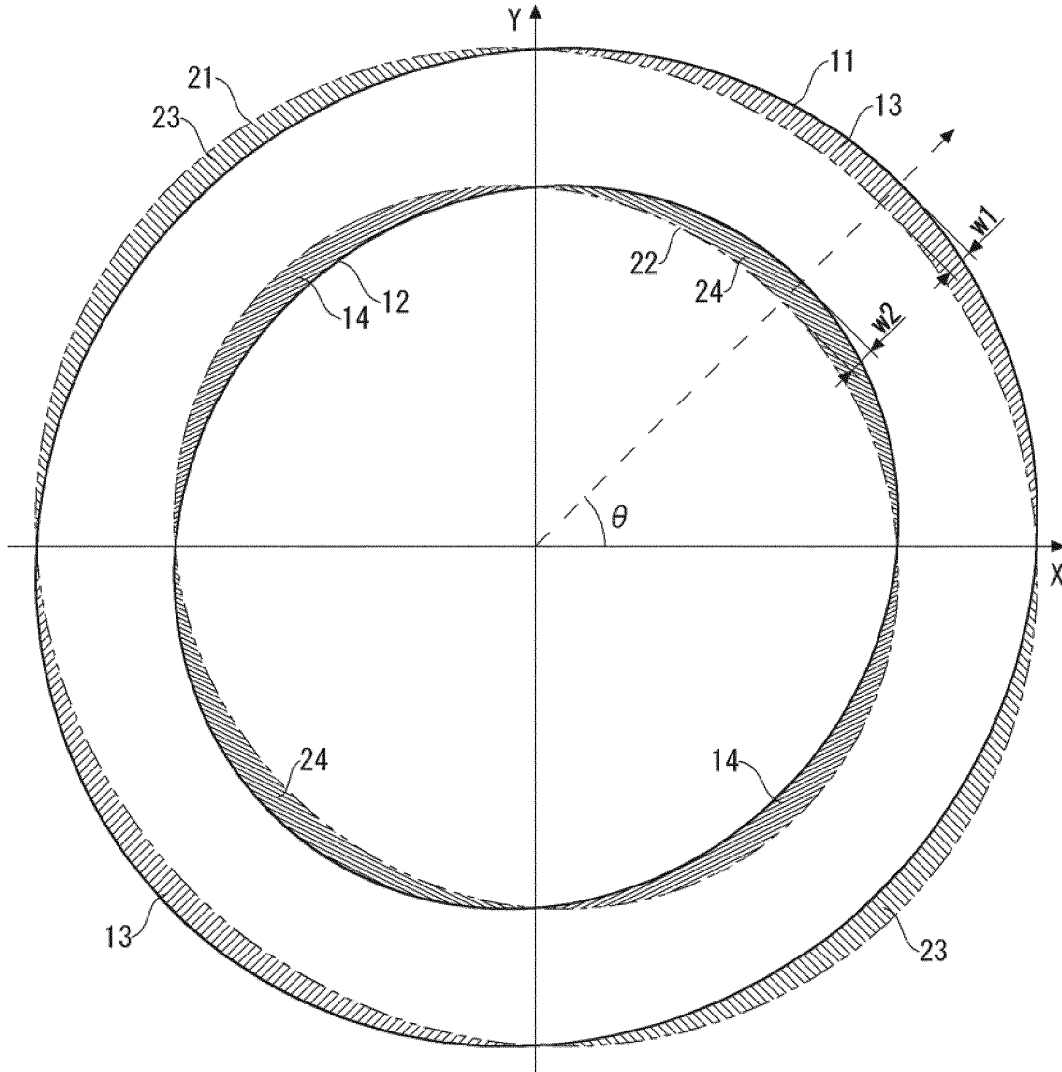




FIG. 3

