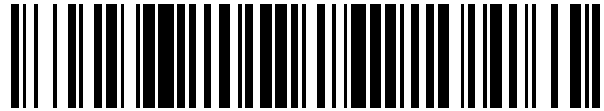


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 088**

51 Int. Cl.:

E21D 20/00 (2006.01)

C23C 2/06 (2006.01)

E21D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2004 E 04771232 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015 EP 1724435**

54 Título: **Pernos para roca realizados de tubos de acero de alta resistencia y procedimiento de fabricación de los mismos**

30 Prioridad:

14.01.2004 JP 2004007046

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

13.10.2015

73 Titular/es:

**NISSHIN STEEL CO., LTD. (100.0%)
4-1 Marunouchi 3-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8366, JP**

72 Inventor/es:

**NAKAKO, TAKEFUMI;
YOSHIDA, TAKEYUKI;
MATSUBARA, SHIGEO;
KITAKA, TOSHIHARU y
KANAZAWA, HIROKI**

74 Agente/Representante:

GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 548 088 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

Pernos para roca realizados de tubos de acero de alta resistencia y procedimiento de fabricación de los mismos.

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un perno para roca de tubo de acero de alta resistencia, el cual se fija firmemente a un lecho rocoso o terreno en un estado expandido radialmente por una presión hidráulica, y un procedimiento de fabricación del mismo.

Descripción de la técnica relacionada

15 Un perno para roca de tubo de acero, el cual se fija firmemente a un lecho rocoso o terreno en un estado expandido, se fabrica a partir de un tubo conformado hueco que tiene una o más concavidades expansivas que se extienden en dirección axial. El perno para roca de tubo de acero 1 tiene un extremo sellado, el cual se inserta dentro de un orificio de instalación de perno para roca formado en un lecho rocoso o terreno 2, tal como se muestra en la fig. 1. Existe un hueco entre el orificio de instalación de perno para roca y el perno para roca de tubo de acero sin expandir 20 1 (fig. 2A). El perno para roca de tubo de acero 1 se expande por una presión hidráulica (fig. 2B), y finalmente se presiona sobre una pared interior del orificio de instalación de perno para roca (fig. 2C). En consecuencia, el lecho rocoso o terreno 2 es reforzado con el perno para roca 1.

Se ha usado como perno para roca expansivo un tubo conformado con al menos una concavidad expansiva 4, la cual se extiende a lo largo de una dirección axial, con el fin de facilitar la expansión por una presión hidráulica. El tubo conformado tiene extremos superior y posterior sellados herméticamente y un orificio para la introducción de un fluido a presión en su pared lateral. Un tubo de acero conformado, el cual tiene manguitos fijados a sus dos extremos para la introducción de un fluido a presión, también se desvela en el documento JP2003-501573A.

30 Para la normalización de los trabajos y el ahorro de costes laborales en los lugares de construcción tales como túneles, se perforan muchos orificios de instalación de perno para roca del mismo tamaño en un lecho rocoso o terreno 2, y se colocan pernos para roca de tubo de acero del mismo diámetro en los orificios de instalación de perno para roca. Por ejemplo, un tubo conformado, el cual está formado de un tubo de acero de 54 mm de diámetro exterior en un perfil que tiene un diámetro exterior de 36 mm y una concavidad 4, se coloca en un orificio de 35 instalación de perno para roca de 45-50 mm de tamaño y se fija firmemente a un lecho rocoso o terreno 2 mediante expansión hidráulica.

Los pernos para roca de tubo de acero expansivos se clasifican en un grupo de 110 kN y un grupo de 170 kN por el límite elástico necesario para las condiciones de construcción, por ejemplo, la capacidad y la geomecánica de un 40 lecho rocoso o terreno así como los perfiles de la sección transversal de los túneles. Los pernos para roca que pertenecen al grupo de 110 kN se fabrican a partir de chapas de acero de 2 mm de grosor con una resistencia a la tracción de 300 N/mm² o más y un alargamiento total del 30 % o más. Los pernos para roca que pertenecen al grupo de 170 kN, se fabrican a partir de chapas de acero de 3 mm de grosor con una resistencia a la tracción de 300 N/mm² o más y un alargamiento total del 35 % o más. En cualquier caso, la chapa de acero está formada en un tubo 45 cilíndrico de 54 mm de diámetro exterior y reformada además en un tubo conformado de 36 mm de diámetro exterior con una concavidad 4.

El tubo conformado se fabrica curvando parcialmente un tubo cilíndrico con un radio de curvatura pequeño en un plano seccional, tal como se muestra en la fig. 2A. Suponiendo que los tubos conformados tienen el mismo diámetro 50 exterior, un radio de curvatura en un centro es más pequeño que un aumento de grosor de una chapa de acero, la cual se forma en un tubo conformado. Los tubos conformados además están recalcados por sus dos extremos, ya que unos manguitos que tienen diámetros interior y exterior de tamaño regularizado están fijados a las partes extremas de los tubos conformados. Una chapa de acero más gruesa es reformada con un radio de curvatura más pequeño incluso en el procedimiento de recalcado. Es decir, un radio de curvatura local se hace más pequeño que 55 un aumento de grosor de una chapa de acero para elevar la resistencia de un perno para roca.

Por cierto, se introducen mucha tensiones en una chapa de acero en un procedimiento de realización de tubos, un procedimiento de conformación de tubos y un procedimiento de recalcado. También se acumulan tensiones durante la expansión hidráulica de un tubo conformado. Cuando se expande más aún el tubo conformado, a menudo se

agrieta debido a la introducción de tensiones adicionales. El agrietamiento causa fuga de un fluido a presión, expansión insuficiente del tubo conformado y escasez de la resistencia necesaria para un perno para roca.

El documento JP2003-206698 desvela un perno para roca realizado de tubo de acero revestido que comprende un cuerpo hueco, uno de cuyos extremos está cerrado.

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a la provisión de pernos para roca de tubo de acero de alta resistencia con elevada fiabilidad. Un objeto de la invención es inhibir el agrietamiento de los pernos para roca, el cual es inducido por las tensiones introducidas en un procedimiento de conformación de tubos, un procedimiento de recalado y un procedimiento de expansión hidráulica. Otro objeto de la invención es iniciar la deformación expansiva del tubo conformado a una presión relativamente más baja durante la expansión hidráulica y completar la deformación expansiva en un corto periodo de tiempo.

La invención propone un perno para roca de tubo de acero de alta resistencia, que comprende un cuerpo principal de perno para roca expansivo formado a partir de un tubo conformado que tiene una o más concavidades que se extienden a lo largo de una dirección axial. El tubo conformado se fabrica a partir de una chapa de acero de alta resistencia de 1,8-2,3 mm de grosor con una resistencia a la tracción de 490-640 N/mm² y un alargamiento del 20 % o más. El tubo conformado tiene, con preferencia, una resistencia a la tracción de 530-690 N/mm² y un alargamiento del 20 % o más.

El material del perno para roca puede ser una chapa de acero de alta resistencia revestida con una capa de chapado de Zn, Zn-Al o Zn-Al-Mg. La capa de chapado está presente sobre una superficie del tubo conformado después de ser laminado y protege a un perno para roca, el cual es incrustado en un lecho rocoso o terreno, de una atmósfera corrosiva.

El perno para roca de tubo de acero inventivo se fabrica mediante las siguientes etapas:

- (1) Una etapa de formación de una chapa de acero de alta resistencia de 1,8-2,3 mm de grosor con una resistencia a la tracción de 490-640 N/mm² y un alargamiento del 20 % o más en un tubo de acero soldado de 50-55 mm de diámetro exterior.
- (2) Una etapa de laminación del tubo de acero soldado en un tubo conformado que tiene un diámetro exterior de 34,0-38,0 mm y una o más concavidades que se extienden a lo largo de una dirección axial.
- (3) Una etapa de corte del tubo conformado a una longitud predeterminada.
- (4) Una etapa de recalado de los dos extremos del tubo conformado cortado.
- (5) Una etapa de sellado de los dos extremos (es decir, un extremo del tubo conformado que ha de colocarse en un orificio de instalación de perno para roca y el otro extremo para la introducción de un fluido a presión) del tubo conformado con manguitos.
- (6) Una etapa de formación de un orificio, que se extiende hasta un interior del tubo conformado para la introducción de un fluido a presión, en una pared lateral del manguito.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

- La fig. 1 es una vista explicativa para el refuerzo de un terreno con un perno para roca expandido.
La fig. 2A es una vista en corte que ilustra un perno para roca, el cual está colocado en un orificio de instalación de perno para roca de un terreno pero todavía sin expandir.
La fig. 2B es una vista explicativa para la aplicación de una presión hidráulica a un perno para roca durante la expansión.
La fig. 2C es una vista explicativa para la aplicación de una presión a un perno para roca, el cual está completamente expandido.
La fig. 3 es un gráfico que muestra el rendimiento de una bomba hidráulica.
La fig. 4 es una vista explicativa que muestra los cambios de un perfil seccional de un tubo en respuesta a las etapas de conformación.
La fig. 5 es una vista esquemática que ilustra perfiles de rodillos de formación, los cuales se usan en una primera etapa de un procedimiento de conformación de tubos.
La fig. 6 es una vista esquemática que ilustra perfiles de rodillos de formación, los cuales se usan en una segunda etapa de un procedimiento de conformación de tubos.
La fig. 7 es una vista esquemática que ilustra perfiles de rodillos de formación, los cuales se usan en una

tercera etapa de un procedimiento de conformación de tubos.

La fig. 8 es una vista esquemática que ilustra perfiles de rodillos de formación, los cuales se usan en una cuarta etapa de un procedimiento de conformación de tubos.

5 REALIZACIONES PREFERENTES DE LA INVENCION

El perno para roca de tubo de acero inventivo se fabrica a partir de acero de alta resistencia. La selección del acero de alta resistencia permite el uso de una chapa de acero delgada como material del perno para roca. Cuando un perno para roca formado a partir de una chapa de acero más delgada se compara con un perno para roca convencional suponiendo que los pernos para roca tienen el mismo diámetro exterior, un radio de curvatura mínimo de una parte curvada, el cual define una concavidad que se extiende axialmente, es mayor en un centro a lo largo de una dirección radial. La cantidad total de tensiones que se introducen en un tubo de acero en un procedimiento de conformación de tubos y en la expansión hidráulica de un tubo conformado, se reduce a medida que disminuye de grosor de la chapa de acero. Debido a la reducción de las tensiones, el tubo conformado se expande hidráulicamente sin agrietamiento. El uso de la chapa de acero más delgada también significa el aligeramiento del perno para roca. En consecuencia, el perno para roca inventivo es de buena manejabilidad y trabajabilidad con elevada fiabilidad.

La expansión de una concavidad del tubo conformado se inicia a una presión hidráulica más baja, ya que un perno para roca es más delgado. La deformación del tubo conformado continúa a una presión hidráulica más baja incluso después del inicio de la expansión, de manera que puede introducirse un gran volumen de fluido a presión dentro del tubo conformado sin elevar una carga de una bomba de alta presión. En consecuencia, la expansión hidráulica se completa en poco tiempo. En este sentido, el uso de la chapa de acero más delgada como material del perno para roca es ventajoso para una mejora notable de la eficiencia de trabajo.

Por ejemplo, un tubo conformado con una resistencia a la tracción de 400 N/mm^2 , el cual se ha usado para un perno para roca con límite elástico de 170 kN, se fabrica formando una chapa de acero de 3 mm de grosor con una resistencia a la tracción de aproximadamente 300 N/mm^2 y un alargamiento de aproximadamente el 35 % en un tubo de acero soldado de 54 mm de diámetro exterior y reformando el tubo soldado en un tubo conformado de 36 mm de diámetro exterior.

Cuando se usa una chapa de acero delgada de alta resistencia como material para un perno para roca de la clase de 170 kN, se obtiene un perno para roca fuerte y fiable, el cual se expande hidráulicamente sin agrietamiento. De hecho, un tubo conformado, el cual se fabrica formando una chapa de acero de alta resistencia de 1,8-2,3 mm de grosor con una resistencia a la tracción de $490\text{-}640 \text{ N/mm}^2$ y un alargamiento del 20 % o más en un tubo soldado de 54 mm de diámetro exterior y luego conformando el tubo soldado en un perfil objetivo de 36 mm de diámetro exterior, tiene una resistencia a la tracción de $530\text{-}690 \text{ N/mm}^2$. En consecuencia, un perno para roca, el cual se forma a partir del tubo conformado de alta resistencia, se fija firmemente a un lecho rocoso o terreno con una resistencia de aproximadamente 170 kN, colocándolo en un orificio de instalación de perno para roca del lecho rocoso o terreno y expandiéndolo hidráulicamente dentro del mismo.

El uso de una chapa de acero más delgada permite curvar una parte superficial de un tubo soldado con un radio de curvatura más grande en un procedimiento de conformación de tubos. Supongamos que se forma un tubo cilíndrico de 54 mm de diámetro exterior en un tubo conformado con una sección transversal mostrada en la fig. 2A, en la que una parte curvada (una concavidad 4) tiene un radio de curvatura exterior de 5 mm. Un tubo conformado, el cual se forma a partir de un tubo cilíndrico de 3 mm de grosor, tiene una parte curvada con un radio de curvatura interior de 2 mm. Por otra parte, un tubo conformado, el cual se forma a partir de un tubo cilíndrico de 2 mm de grosor, tiene una parte curvada con un radio de curvatura interior de 3 mm. En resumen, a medida que disminuye el grosor de un tubo soldado (en otras palabras, una chapa de acero), se agranda un radio de curvatura, con el resultado de una reducción de tensiones acumulativas durante la conformación del tubo. La reducción de las tensiones acumulativas significa un aumento de un límite de tolerancia hasta que el tubo conformado se agrieta debido a la acumulación de tensiones. En consecuencia, el perno para roca inventivo se expande hidráulicamente en un lecho rocoso o terreno sin temor a reventar.

Se determina un grosor de una chapa de acero dentro de un intervalo de 1,8-2,3 mm con el fin de reducir eficazmente la acumulación de tensiones. Si el grosor excede de 2,3 mm, es difícil producir un aumento de un radio de curvatura en un procedimiento de conformación de tubos. Por otra parte, el grosor inferior a 1,8 mm significa la necesidad de una chapa de acero de alta resistencia con una resistencia a la tracción de 640 N/mm^2 o más, de lo contrario la resistencia de 170 kN más o menos no se impartiría a un perno para roca. Sin embargo, tales chapas de

acero de alta resistencia no pueden formarse en un perfil objetivo debido al escaso alargamiento en un procedimiento de conformación de tubos, y no pueden fabricarse con facilidad tubos conformados útiles como pernos para roca expansivos a partir de tubos de acero soldados de 50-55 mm de diámetro exterior. Además, las chapas de acero tendrán una resistencia a la tracción de 490 N/mm² o más; de lo contrario, no se fabricarían pernos para roca con 170 kN más o menos a partir de tubos soldados de 50-55 mm de diámetro exterior. También es necesario un alargamiento del 20 % o más, con el fin de expandir hidráulicamente tubos conformados sin reventar.

- El perno para roca de tubo de acero expansivo tiene un tubo conformado con una sección transversal, tal como se muestra en la fig. 2A. Al menos una concavidad 4 se extiende a lo largo de una dirección axial del tubo conformado.
- 10 Cuando se introduce un fluido a presión dentro del tubo conformado, el tubo conformado es devuelto de manera expansiva a su perfil cilíndrico original por el abombamiento de la concavidad 4. Suponiendo que los tubos conformados tienen el mismo diámetro exterior y el mismo perfil de la concavidad 4, es necesaria una mayor presión para abombar la concavidad 4 a medida que aumenta el grosor del tubo conformado. El efecto del grosor del tubo conformado sobre el abombamiento de la concavidad 4 se explica de la siguiente manera: Un momento para volver a curvar una chapa de acero abollada a su perfil original con expansión hidráulica se estima aproximadamente según una fórmula de $(t^2b/4) \times \sigma_e$ (en la que t es el grosor, b es la anchura, y σ_e es la tensión de fluencia de la chapa de acero), y el momento aumenta en una razón en proporción al cuadrado del grosor t^2 .
- 15
- 20 En el caso en el que una presión interna de un recipiente se eleva a un valor predeterminado mediante la introducción de un fluido a presión dentro del recipiente procedente de una bomba hidráulica, una gran cantidad del fluido a presión fluye desde la bomba al interior del recipiente a una presión interior relativamente más baja, pero el caudal se reduce gradualmente a medida que aumenta la presión interna. Considerando la relación de la presión interna con el caudal, el inicio del abombamiento de la concavidad 4 a una presión más baja significa la afluencia de una gran cantidad del fluido a presión al interior del tubo conformado en una fase de baja presión hasta la expansión del tubo conformado. Por el contrario, si la expansión del tubo conformado se inicia a una presión más alta, una velocidad de afluencia del fluido a presión disminuye gradualmente en correspondencia con un aumento de la presión interna del tubo conformado. En este caso, resulta inevitable continuar la introducción del fluido a presión durante un tiempo prolongado hasta que la presión interna se eleva hasta un valor necesario para el inicio de la expansión.
- 25
- 30

De hecho, la fig. 3 muestra una relación entre una velocidad de descarga de agua a alta presión y una presión de descarga, en la que se suministra aire a una presión de 0,6 N/mm² a una bomba hidráulica con una razón del área de aire/agua de 65/1. De la relación se observa que la velocidad de afluencia del agua a alta presión se reduce gradualmente a medida que aumenta una presión interna de un perno para roca y finalmente a 10,6 litros/minuto a una presión interna de 7 N/mm².

35

Supongamos que es necesaria una presión de 7 N/mm² para el inicio del abombamiento de la concavidad 4, la cual está formada en un tubo conformado de 2 mm de grosor y que es necesaria una presión de 17 N/mm² para el inicio del abombamiento de la concavidad 4, la cual está formada en un tubo conformado de 3 mm de grosor. Cuando un perno para roca se expande hidráulicamente con una presión de aire de suministro de 0,6 N/mm² bajo las condiciones anteriores, una velocidad de afluencia del agua a alta presión se varía en correspondencia con una presión interna del perno para roca de la siguiente manera:

40

45 El tubo conformado de 2 mm de grosor comienza la expansión a una presión de 7 N/mm², pero el tubo conformado de 3 mm de grosor no comienza la expansión a una presión de 7 N/mm². La expansión del tubo conformado más grueso se inicia cuando la presión interna alcanza 17 N/mm². Una velocidad de descarga del agua a alta presión se reduce a 7,2 l/min a la presión interna de 17 N/mm².

50 Una vez que comienza el abombamiento de la concavidad 4, la deformación expansiva del tubo conformado continúa a una presión más baja que la presión de inicio de expansión, y el modo de expansión es sustancialmente constante no obstante el grosor del tubo conformado. Después de que el tubo conformado se expande hasta un tamaño que corresponde a un diámetro interior de un orificio de instalación de perno para roca en un lecho rocoso o terreno, se aplica nuevamente una presión adicional al perno para roca expandido para presionar el tubo deformado de manera expansiva sobre una pared interior del orificio de instalación de perno para roca.

55

Aunque el tubo conformado más delgado se deforma de manera expansiva por una presión interna de 7 N/mm², la presión interna se eleva necesariamente a 17 N/mm² para la deformación expansiva del tubo conformado más grueso. La inyección de agua a alta presión continuará a una velocidad de descarga que corresponde a una presión

de descarga de 7-17 N/mm². Como resultado, la bomba hidráulica será accionada de manera compensatoria durante un tiempo más prolongado. Por otra parte, una presión para una deformación expansiva adicional es más alta comparada con el tubo conformado más delgado, de manera que resulta obligado inyectar agua a alta presión en una zona de presión de descarga más alta, en otras palabras, una zona de pequeña velocidad de descarga, para la

5 continuación de la deformación expansiva del tubo conformado más grueso. En resumen, un periodo de tiempo para la expansión hidráulica del tubo conformado más grueso es más prolongado que para el tubo conformado más delgado. La terminación de la deformación expansiva en poco tiempo también es la ventaja originada en el perno para roca más delgado realizado de acero de alta resistencia.

10 Los pernos para roca inventivos se fabrican a partir de chapas de acero de alta resistencia mediante las siguientes etapas:

15 Una chapa de acero de alta resistencia de 1,8-2,3 mm de grosor con propiedades mecánicas predeterminadas es procesada en un tubo soldado que tiene un diámetro exterior de 50-55 mm mediante un procedimiento convencional de fabricación de tubos usando soldadura por alta frecuencia, soldadura por láser, soldadura TIG o similares. El tubo soldado es laminado en un tubo conformado que tiene un diámetro exterior de 34-38 mm y un perfil seccional abollado definido por una parte circunferencial y una concavidad.

20 Un procedimiento de laminación, propuesto por el documento JP2003-145216A, es adecuado para formar el tubo soldado en el tubo conformado. Pero también puede emplearse un procedimiento de extrusión o estampación, en lugar de la laminación.

25 Según el procedimiento de laminación, un perfil seccional de un tubo soldado es reformado etapa por etapa, tal como se muestra en la fig. 4.

En primer lugar, se prepara un tubo soldado con un perfil circular (fig. 4a) mediante un procedimiento de soldadura por alta frecuencia o similar.

30 El tubo soldado es laminado en un perfil seccional C₁ (fig. 4b) que comprende una superficie convexa F₁₁ con un radio de curvatura grande y otra superficie convexa F₂₁ con un radio de curvatura pequeño. La superficie convexa F₁₁ tiene una longitud circunferencial que corresponde a una longitud circunferencial de una parte de un tubo conformado objetivo que incluye una concavidad 4. La otra superficie convexa F₂₁ tiene una longitud circunferencial que corresponde a una longitud circunferencial de la otra parte del tubo conformado objetivo. Estas superficies convexas F₁₁ y F₂₁ se forman mediante un banco de laminación equipado con un par de rodillos de formación 11 y

35 12 que tienen perfiles cóncavos con un radio de curvatura diferente uno de otro, tal como se muestra en la fig. 5. También puede emplearse un banco de laminación de múltiples fases para cambiar sucesivamente los radios de curvaturas de las superficies convexas F₁₁ y F₁₂.

40 Los perfiles cóncavos de los rodillos de formación 11 y 12 se transcriben al tubo soldado M, pasando el tubo soldado M a través de una separación entre los rodillos de formación 11 y 12. Es decir, un perfil circular C₀ (fig. 4a) es reformado en un perfil seccional C₁ (fig. 4b) que comprende la superficie convexa F₁₁ con un radio de curvatura grande y la superficie convexa F₂₁ con un radio de curvatura pequeño.

45 En la segunda etapa de laminación, un rodillo en forma de disco 21 (fig. 6) que tiene un borde con un radio de curvatura pequeño es presionado sobre un centro de la superficie convexa F₁₁, para abollar la superficie convexa F₁₁ hacia dentro, tal como se muestra en la fig. 4c. Un banco de laminación en la segunda etapa de laminación está equipado con un rodillo de formación 22, el cual tiene un perfil cóncavo con un radio de curvatura más pequeño que el perfil cóncavo del rodillo de formación 12 de la primera etapa de laminación, además del rodillo en forma de disco 21, tal como se muestra en la fig. 6. También puede emplearse un banco de laminación de múltiples fases para

50 hacer radios de curvaturas sucesivamente más pequeños.

55 Cuando el tubo soldado M se pasa a través de una separación entre el rodillo en forma de disco 21 y el rodillo cóncavo 22 de manera que el rodillo en forma de disco 21 es presionado sobre un centro de la superficie convexa F₁₁, el centro de la superficie convexa F₁₁ se abomba hacia dentro, de manera que el tubo soldado M es reformado en un perfil seccional C₂ (fig. 4c) que tiene una parte curvada acanalada F₁₂ que se extiende a lo largo de una dirección axial. La otra parte curvada F₂₂, la cual define un perfil externo de un tubo conformado, mantiene un radio de curvatura inicial del tubo soldado M.

Puesto que un tubo deformado de manera expansiva es presionado sobre una pared interior de un orificio de

instalación de perno para roca en un lecho rocoso o terreno para su refuerzo, el diámetro interior del orificio de instalación de perno para roca es más grande que un diámetro exterior de un tubo conformado pero más pequeño que un diámetro exterior del tubo soldado M. Por lo tanto, el perfil seccional C_2 es reformado en un perfil de diámetro pequeño C_3 en la tercera etapa de laminación. Un banco de laminación en esta etapa está equipado con un par de rodillos de formación 31 y 32 que tienen perfiles cóncavos con un radio de curvatura más pequeño que el diámetro inicial del tubo soldado M, tal como se muestra en la fig. 7. Por supuesto, también puede usarse un banco de laminación de múltiples fases para hacer el radio de curvatura sucesivamente más pequeño en la tercera etapa de laminación.

- 10 Cuando el tubo con el perfil seccional C_2 se pasa a través de una separación entre los rodillos 31 y 32, la superficie convexa F_{22} es curvada en un perfil circular F_{23} con un radio de curvatura pequeño para estrechar una abertura (o) en correspondencia con los perfiles cóncavos de los rodillos 31 y 32, tal como se muestra en la fig. 4d. En respuesta a la reformación de la superficie convexa F_{22} , la parte de concavidad acanalada F_{12} también es reformada en una parte de concavidad de diámetro pequeño F_{13} . En la tercera etapa de laminación, el tubo soldado M, con preferencia, se gira 90 grados alrededor de su eje desde una relación posicional con los rodillos 11 y 12 en la primera etapa o con los rodillos 21 y 22 en la segunda etapa hasta una posición tal que la abertura (o) y el cordón de soldadura (w) están dispuestos entre los rodillos 31 y 32. Debido a la rotación de 90 grados, se aplica uniformemente una presión de formación desde los rodillos 31 y 32 a la superficie convexa F_{22} , de manera que el perfil seccional C_2 es reformado en un perfil circular C_3 que comprende una parte interior F_{13} y una parte circunferencial F_{23} , que tienen ambas radios de curvatura uniformes, tal como se muestra en la fig. 4d.

- El perfil seccional C_3 con una abertura estrechada (o) se labra en un perfil circular C_4 que tiene un diámetro exterior más pequeño que un diámetro interior de un orificio de instalación de perno para roca en un lecho rocoso o terreno, en la cuarta etapa de laminación. Un banco de laminación en esta etapa tiene, con preferencia, un rodillo de presión 43 además de un par de rodillos de formación 41 y 42, tal como se muestra en la fig. 8. También puede usarse un banco de laminación de múltiples fases para reformar sucesivamente el perfil seccional C_3 en el perfil de diámetro pequeño C_4 .

- 30 Cuando se aplica una presión de formación desde los rodillos 41, 42 a la superficie convexa F_{22} de manera que el rodillo 43 es presionado sobre el centro de la parte circunferencial F_{22} , el tubo soldado M se mantiene estacionariamente en una relación posicional predeterminada durante la laminación, para asegurar la reformación uniforme de la superficie convexa F_{22} hasta que se forma un perfil seccional cuasi doble C_4 por la periferia exterior F_{24} y la periferia interior F_{14} con la abertura (o) estando casi cerrada. Durante la laminación, el escape de la parte circunferencial F_{23} de la separación es inhibido por el rodillo de presión 43, de manera que el tubo soldado M se forma en un perfil de diámetro pequeño objetivo C_4 sin aplanamiento.

El tubo conformado con el perfil objetivo C_4 está dimensionado hasta una longitud predeterminada y sellado por los dos extremos.

- 40 Un extremo delantero del tubo conformado se sella de la siguiente manera:

- Una parte de 80 mm de longitud longitudinal desde el extremo delantero es recalcada hasta un tamaño de 32-34 mm de diámetro exterior. Un manguito de 36-40 mm de diámetro exterior, 2,0-3,0 mm de grosor y 60-80 mm de longitud es fijado a la parte de extremo recalcado. Se presiona un punzón dentro de un extremo abierto del tubo conformado para reformar la parte de extremo en una forma plana que corresponde a una pinza portapieza del punzón, y la parte de extremo presionado se sella mediante soldadura.

El extremo opuesto del tubo conformado está diseñado para la introducción de un fluido a presión y es sellado de la siguiente manera:

- 50 Una parte de 80 mm de longitud longitudinal desde el extremo opuesto es recalcada del mismo modo. Un manguito de 40-42 mm de diámetro exterior, 3,5-4,5 mm de grosor y 60-80 mm de longitud es fijada a la parte de extremo recalcado. Se presiona un punzón dentro de un extremo abierto del tubo conformado para reformar la parte de extremo en una forma plana que corresponde a una pinza portapieza del punzón, y la parte de extremo presionado se sella mediante soldadura. El manguito tiene, con preferencia, una ranura circunferencial para sujetar firmemente un perno para roca incrustado en un lecho rocoso o terreno para la prueba de extracción.

Después de que los dos extremos están sellados, se forma un orificio para introducción de un fluido a presión en el

interior del tubo conformado se forma perforando el manguito en el extremo opuesto. Se determina una posición del orificio en una parte ligeramente separada del extremo del manguito.

Los pernos para roca incrustados en un lecho rocoso o terreno están expuestos a atmósferas corrosivas de ácidas a alcalinas en respuesta a la humedad, la calidad del agua, la ventilación, etcétera. Considerando las atmósferas, los tubos de acero revestido, los cuales tienen capas de chapado formadas en las superficies interior y exterior, son un material apropiado para pernos para roca resistentes a la corrosión y duraderos en el lecho rocoso o terreno. Tales tubos de acero revestido se ofrecen mediante un procedimiento de revestimiento previo o revestimiento posterior, pero los tubos de acero revestido previamente, los cuales se fabrican a partir de chapas de acero revestido, son rentables en cuanto a la productividad.

Una capa de chapado puede ser de Zn, Zn-Al o Zn-Al-Mg. Una capa de chapado de Zn se forma, con preferencia, sobre una base de acero sumergiendo una tira de acero en cinc fundido que contiene del 0,1 al 0,2 % de Al, el cual suprime el crecimiento de una capa de aleación de Fe-Zn perjudicial para la trabajabilidad. Una capa de chapado de Zn-Al, por ejemplo Zn-5 % Al o Zn-55 % Al, presenta una resistencia a la corrosión 2-4 veces mejor que una capa de chapado de Zn del mismo grosor. Una capa de chapado de Zn-Al-Mg es dura y presenta la óptima resistencia a la corrosión, de manera que un perno para roca revestido con la capa de chapado dura de Zn-Al-Mg se coloca y expande en un lecho rocoso o terreno sin arañazos causados por abrasión con el lecho rocoso o colisión de dispersiones. También se inhiben los arañazos durante la manipulación o el transporte del perno para roca revestido. Como apenas se forman arañazos, los cuales actúan como puntos de inicio de la corrosión, el perno para roca incrustado mantiene una buena durabilidad y fiabilidad además de la excelente resistencia a la corrosión incluso en un entorno corrosivo.

La capa de chapado de Zn-Al-Mg puede adelgazarse hasta 3-30 μm debido a la excelente resistencia a la corrosión y la dureza. La capa de chapado de Zn-Al-Mg contiene del 0,05 al 10 % de Mg, del 4 al 22 % de Al. Puede contener además del 0,001 al 0,1 % de Ti, del 0,0005 al 0,045 % de B y/o del 0,005 al 2,0 % de al menos uno seleccionado del grupo constituido por metales de tierras raras, Y, Zr y Si.

Se incorpora un elemento Mg en un producto de corrosión cínico, el cual se forma sobre una superficie de la capa de chapado. El producto de corrosión cínico que contiene Mg junto con un elemento Al en la capa de chapado reduce una velocidad de corrosión de la capa de chapado en un entorno de suelo. Como una parte del producto de corrosión cínico que contiene Mg también fluye dentro de un cordón de soldadura y un borde de corte en un procedimiento de fabricación de un tubo de acero revestido previamente, también se previene la corrosión del cordón de soldadura y el borde de corte. Por otra parte, cuando una parte soldada se repara mediante pulverización térmica, el producto de corrosión cínico que contiene Mg fluye sobre una capa pulverizada o dentro de un producto de corrosión sobre la capa pulverizada, teniendo como resultado la protección de una base de acero de la corrosión. El Mg también es importante para endurecer la capa de chapado mediante la formación de un compuesto intermetálico de Zn-Mg. Estos efectos se consiguen controlando un contenido de Mg dentro de un intervalo del 0,05 al 10 % (con preferencia del 1 al 4 %).

El otro elemento Al se convierte en un producto de corrosión de Zn-Al adherente eficaz como inhibidor de la corrosión. Aparecen granos eutécticos ternarios de Zn/Al/ Zn_2Mg en una capa de chapado solidificada debido a la presencia de Al. Los granos eutécticos ternarios tienen una microestructura más fina que los granos eutécticos binarios de Zn/ Zn_2Mg y elevan la dureza de la capa de chapado. Es necesario un contenido de Al del 4 % o más para la formación del producto de corrosión de Zn-Al adherente y los granos eutécticos ternarios de Zn/Al/ Zn_2Mg . Sin embargo, un aumento del contenido de Al eleva la temperatura de fusión de un metal de chapado y necesita mantener un baño de inmersión en caliente a una temperatura elevada, con el resultado de una escasa productividad. En este sentido, un límite superior del contenido de Al se determina en el 22 %.

Los elementos Ti y B opcionales dificultan la formación de una fase de $\text{Zn}_{11}\text{Mg}_2$ perjudicial para una apariencia externa de una chapa de acero revestido, de manera que los precipitados intermetálicos de Zn-Mg presentes en una capa de chapado están compuestos sustancialmente de Zn_2Mg . El efecto del Ti sobre la inhibición de la formación de la fase de $\text{Zn}_{11}\text{Mg}_2$ se percibe aparentemente en el 0,001% o más (con preferencia, el 0,002 % o más) de Ti. Sin embargo, el exceso de Ti por encima del 0,1 % promueve el crecimiento de un precipitado de Ti-Al, con el resultado de una superficie escabrosa de la capa de chapado con mala apariencia externa.

La formación de la fase de $\text{Zn}_{11}\text{Mg}_2$ también se dificulta mediante la adición de B en una proporción del 0,0005 % o más (con preferencia, el 0,001 % o más). Pero el exceso de B por encima del 0,045 % promueve el crecimiento de compuestos intermetálicos de Ti-B y Al-B, los cuales degradan una superficie lisa y la apariencia externa de una

capa de chapado.

Un perno para roca, el cual se prepara a partir de un tubo de acero revestido por inmersión en caliente con una capa de chapado de Zn-Al-Mg que contiene Al y Mg en proporciones relativamente grandes, a menudo reduce su brillo superficial. A medida que se reduce el brillo superficial, una superficie de la capa de chapado cambia de un lustre metálico fino a gris con el paso del tiempo. Como resultado, el perno para roca disminuye su valor comercial. La reducción del brillo superficial se previene añadiendo al menos un elemento oxidable seleccionado del grupo constituido por metales de tierras raras, Y, Zr y Si en una proporción del 0,005 % o más. Sin embargo, una proporción máxima del elemento oxidable se determina en el 2,0 %, puesto que ya no puede esperarse su efecto sobre la reducción del brillo superficial añadiendo más del 2,0 %.

Un compuesto intermetálico de Fe-Al, perjudicial para la trabajabilidad y la capacidad de formación de la chapa o el tubo de acero revestido, se forma más a medida que aumenta el Al en la capa de chapado de Zn-Al-Mg. El compuesto intermetálico de Fe-Al en un límite entre un acero base y una capa de chapado causa desfavorablemente el descascarillado de la capa de chapado durante el labrado o la formación de una chapa o un tubo de acero revestido. La formación del compuesto intermetálico se inhibe mediante la inclusión de Si en una pequeña proporción en la capa de chapado.

EJEMPLOS

Una chapa de acero de alta resistencia de 2,1 mm de grosor con una resistencia a la tracción de 490 N/mm^2 y un alargamiento del 28 % fue procesada en un tubo soldado de 54 mm de diámetro exterior. El tubo soldado fue laminado en un tubo conformado de 36 mm de diámetro exterior con un perfil seccional, como el mostrado en la fig. 2A, que tiene una concavidad 4 que se extiende a lo largo de una dirección axial. El tubo conformado tenía una resistencia a la tracción de 550 N/mm^2 .

El tubo conformado fue dimensionado a una longitud de 4 m. Las partes extremas de longitud longitudinal de 75 mm desde los bordes del tubo conformado fueron recalculadas en un perfil de 33,1 mm de diámetro exterior. Un manguito de 33,1 mm de diámetro interior, 38,1 mm de diámetro exterior, 2,5 mm de grosor y 70 mm de longitud fue fijado a una parte de extremo, y la parte de extremo fue sellada con el manguito mediante soldadura. Otro manguito de 33,1 mm de diámetro interior, 41,1 mm de diámetro exterior, 4,0 mm de grosor y 70 mm de longitud fue fijado a la parte de extremo opuesta en un lado para la introducción de un fluido a presión, y la parte de extremo fue sellada con el manguito mediante soldadura.

Después de que fueran sellados los dos extremos, una pared lateral del segundo manguito fue perforada para formar un orificio de 3,0 mm de diámetro que conduce a un interior del tubo conformado.

Como ejemplo comparativo, se fabricó un perno para roca a partir de una chapa de acero de 3,0 mm de grosor con una resistencia a la tracción de 300 N/mm^2 y un alargamiento del 35 % procesando la chapa de acero en un tubo soldado de 54 mm de diámetro exterior y después laminando el tubo soldado en un tubo conformado de 36 mm de diámetro exterior bajo las mismas condiciones.

Se acopló un cabezal de sellado para expansión hidráulica a cada uno de los pernos para roca inventivo y comparativo, y se inyectó agua a alta presión en un interior del tubo conformado mediante una bomba hidráulica. El tubo conformado se expandió hidráulicamente. Se investigó detalladamente la deformación expansiva.

El perno para roca inventivo comenzó la deformación expansiva, es decir, el abombamiento de la concavidad 4 (fig. 2A) cuando una presión hidráulica en el tubo conformado alcanzó 7 N/mm^2 . Una vez que se produjo la deformación expansiva, continuó a una presión hidráulica de 5 N/mm^2 . Durante la propagación de la deformación expansiva, se inyectó agua a alta presión dentro del tubo conformado a un caudal de 11,3 l/minuto, y la deformación expansiva se completó en 31 segundos.

Por otra parte, la concavidad 4 del perno para roca comparativo no se invirtió expansivamente a una presión hidráulica de 7 N/mm^2 , sino que la deformación expansiva comenzó cuando la presión hidráulica alcanzó 17 N/mm^2 . Una presión hidráulica necesaria para la continuación de la deformación expansiva fue 10 N/mm^2 . Una velocidad de alimentación del agua a alta presión a la presión hidráulica de 10 N/mm^2 fue sólo 9,6 l/minuto, y se tardó 41 segundos en completar la deformación expansiva.

Se observa a partir de la comparación que el perno para roca inventivo completa la deformación expansiva en un

periodo de tiempo aproximadamente 3/4 más corto que un perno para roca convencional. El tiempo de expansión corto conduce a una disminución notable en cuanto a trabajos en los trabajos de refuerzo prácticos en los que cientos o miles de pernos para roca han de ser incrustados en un lecho rocoso. Por otra parte, el estado de expansión se consigue mediante una presión hidráulica relativamente más baja, para reducir una carga aplicada a una bomba hidráulica.

Los pernos para roca, que fueron expandidos hidráulicamente suponiendo la colocación en un lugar de construcción, fueron sometidos a una prueba de extracción. Los resultados de la prueba demuestran que los pernos para roca inventivos tuvieron una resistencia de aproximadamente 170 kN. Como los pernos para roca inventivos estaban adelgazados y aligerados aproximadamente el 30 % comparados con los pernos para roca convencionales, se facilita el transporte a y la manipulación en un lugar de construcción. Además, los tubos conformados, los cuales se prepararon a partir de tubos soldados con menos acumulación de tensiones, se deforman expansivamente en perfiles objetivo sin reventones causados por la introducción de tensiones durante la expansión hidráulica, con el resultado de la seguridad de los trabajos de consolidación de roca mediante pernos.

15

REIVINDICACIONES

1. Un perno para roca de tubo de acero de alta resistencia que comprende un cuerpo principal de perno para roca expansivo realizado a partir de un tubo conformado que tiene una o más concavidades que se extienden a lo largo de una dirección axial, realizándose el tubo conformado formando una chapa de acero de alta resistencia que tiene un grosor de 1,8-2,3 mm, una resistencia a la tracción de 490-640 N/mm² y un alargamiento del 20 % o más.
2. El perno para roca de tubo de acero de alta resistencia según la reivindicación 1, en el que el tubo conformado realizado formando la chapa de acero de alta resistencia tiene una resistencia a la tracción de 530-690 N/mm² y un alargamiento del 20 % o más.
3. El perno para roca de tubo de acero de alta resistencia según la reivindicación 1 o 2, en el que el tubo conformado está revestido con una capa de chapado de Zn, Zn-Al o Zn-Al-Mg.
4. Un procedimiento de fabricación de un perno para roca de tubo de acero que implica las etapas de:
- (1) procesar una chapa de acero de 1,8-2,3 mm de grosor con una resistencia a la tracción de 490-640 N/mm² y un alargamiento del 20 % o más en un tubo de acero soldado de 50-55 mm de diámetro exterior;
 - (2) laminar el tubo de acero soldado en un tubo conformado de 34,0-38,0 mm de diámetro exterior que tiene una o más concavidades que se extienden a lo largo de una dirección axial;
 - (3) dimensionar el tubo conformado a una longitud predeterminada;
 - (4) recalcar los dos extremos del tubo conformado dimensionado;
 - (5) fijar herméticamente manguitos en los dos extremos del tubo conformado, siendo un extremo una parte superior que ha de ser insertada dentro de un orificio de instalación de perno para roca en un lecho rocoso o terreno, y siendo el extremo opuesto un lugar para la introducción de un fluido a presión; y
 - (6) perforar el manguito en el extremo opuesto para la formación de una entrada de fluido a presión que conduce a un interior del tubo conformado.

FIG. 1

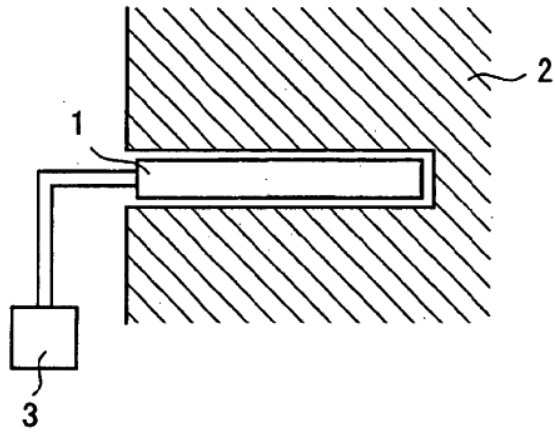


FIG. 2A

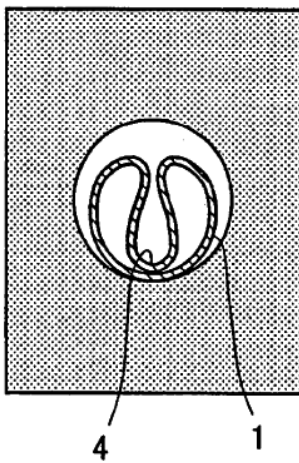


FIG. 2B



FIG. 2C

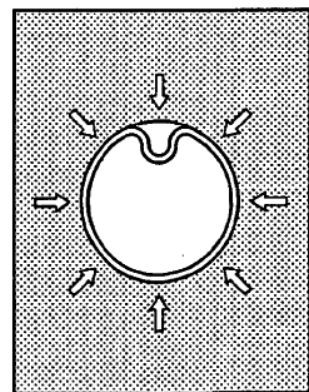


FIG.3

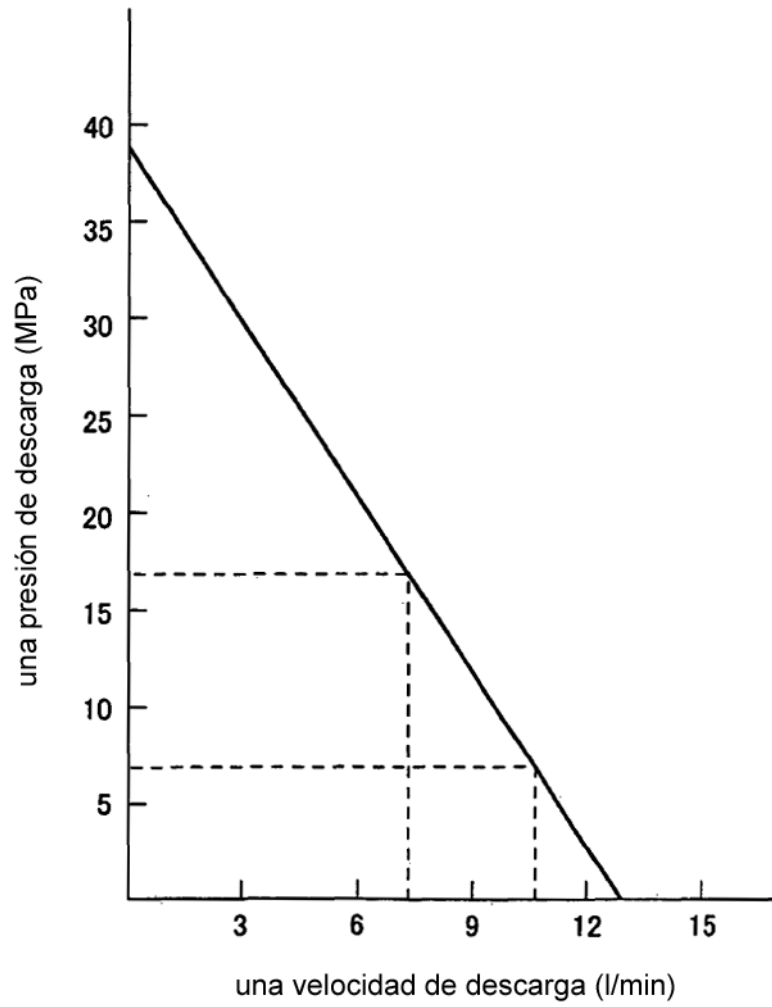


FIG.4

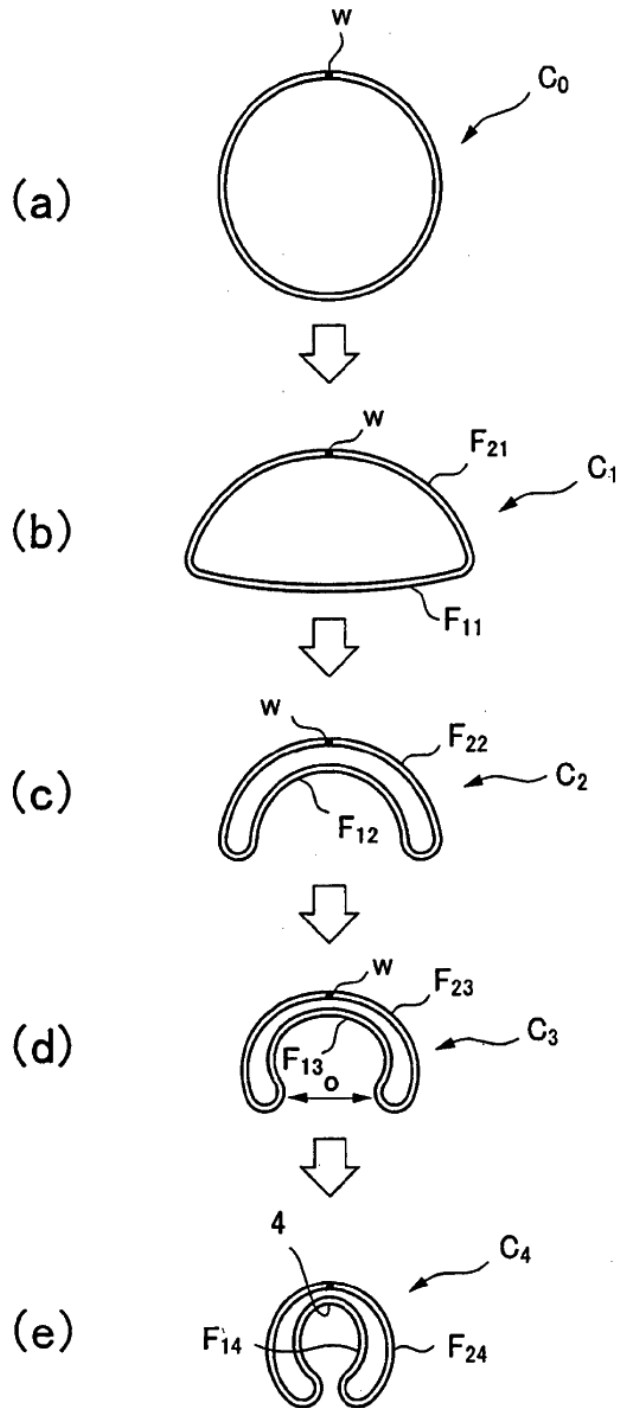


FIG.5

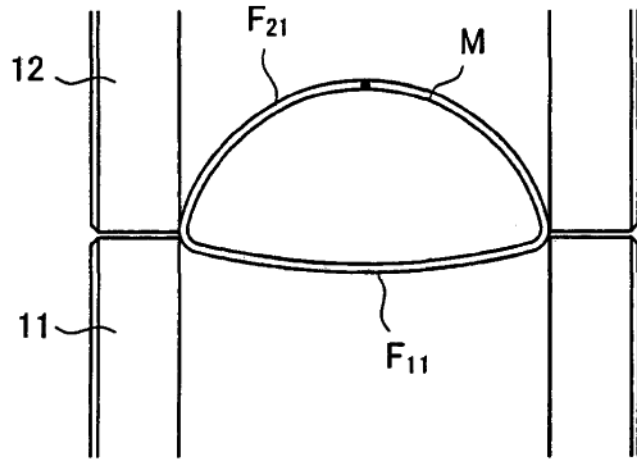


FIG.6

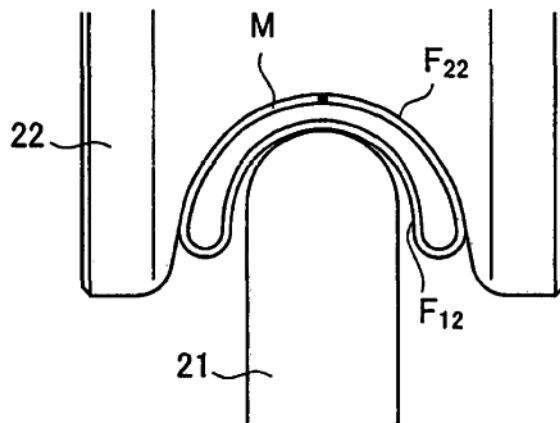


FIG.7

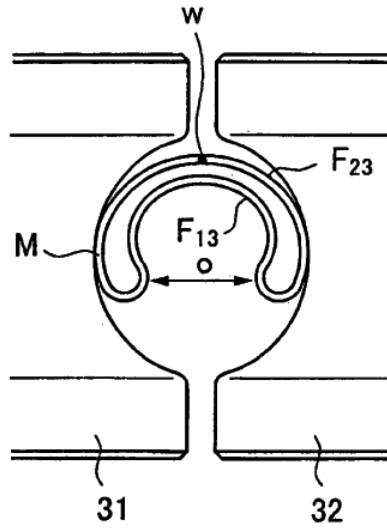


FIG.8

