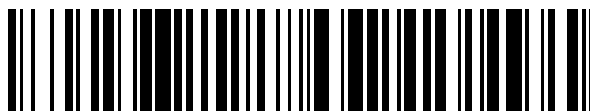


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 923**

51 Int. Cl.:

**G06F 17/50** (2006.01)

**B21D 22/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2009 PCT/JP2009/061474**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.07.2010 WO10073756**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2009 E 09834562 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 2371464**

54 Título: **Método, dispositivo, programa y soporte de registro del análisis de la causa de la retracción**

30 Prioridad:

**25.12.2008 JP 2008329099**

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

**08.05.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MIYAGI TAKASHI;  
TANAKA YASUHARU y  
OGAWA MISAO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 711 923 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**

Método, dispositivo, programa y soporte de registro del análisis de la causa de la retracción

5 [Campo técnico]

La presente invención se relaciona con un método, un dispositivo, un programa, y un soporte de registro del análisis de la causa de la retracción en un producto formado que es formado a presión a partir de una placa de acero o una placa de otro metal en partes de automóviles o electrodomésticos. Aunque la invención será descrita con referencia a una placa de acero, la invención puede también ser aplicada a placas de otro metal, placas de plástico y materiales lineales.

[Antecedentes]

Muchas partes de los automóviles, tales como puertas y parachoques, o electrodomésticos, tales como paneles del refrigerador, son formados a presión a partir de una placa de acero o placa de otro metal. Hay una demanda en aumento de productos formados a presión ligeros. Por lo tanto, las placas de acero de alta resistencia son usadas para proporcionar productos delgados y ligeros. Las placas de acero de alta resistencia, sin embargo, tienen mayor resistencia a la deformación, lo que puede aumentar la probabilidad de ocurrencia de retracción causada por estrés residual durante el proceso de formación a presión.

Hay una reciente tendencia a que la planificación del proceso de formación para formar productos comience al mismo tiempo que la fase de diseño de automóviles o similares, para reducir los costes del desarrollo de horas hombre y fabricación. Para seguir la tendencia, una configuración de un producto formado a presión y sus datos de formación son analizados por un ordenador. El análisis proporciona el cálculo de una cantidad de retracción del producto formado a presión estimada a partir del estrés residual tras la formación. La configuración del molde es corregida según la cantidad de retracción calculada.

El Documento de patente 1 y Documento de No Patente 1 describen un método para determinar una configuración del molde mediante una retracción estimada como se describe anteriormente. En particular, el estrés residual en una placa de acero presionada en un molde en el centro muerto inferior de presión es analizado por un método del elemento finito, y un molde que tiene una configuración de deformación (esto es, retracción inversa) causada por un estrés residual hacia la dirección opuesta del estrés residual mencionado anteriormente es analizado numéricamente. De este modo, una configuración del molde que aborda el problema de la retracción puede ser obtenido fácilmente.

Sin embargo, es muy difícil diseñar un molde a través del análisis numérico tomando el problema de la retracción en consideración de una manera completa, porque es un problema no lineal. Los métodos en los documentos precedentes son propuestos solo para obtener un molde simple que sea diseñado tomando una consideración de retracción mediante el método del elemento finito. Los documentos por lo tanto no sugieren contramedidas contra un producto obtenido mediante formación a presión en un molde que está fuera de la tolerancia de la retracción, que es un fenómeno que es difícil de analizar numéricamente.

Si un producto formado que satisface el valor de tolerancia para la retracción no puede ser obtenido mediante el uso de un molde diseñado considerando el problema de la retracción, las contramedidas para ser llevadas a cabo deben ser determinadas mediante personal técnico experimentado. En consecuencia, existe la necesidad de producir un molde real y modificar repetidamente la configuración del molde mientras se presionan placas de acero en el molde.

Otro enfoque para reducir la retracción es modificar la configuración de las placas de acero o productos formados, no la configuración del molde, para eliminar el estrés residual. Un método de modificación ejemplar es proporcionar una abertura o una hendidura en el producto formado en un área donde la retracción esté ocurriendo.

Este enfoque puede reducir el estrés residual que puede de otro modo causar retracción al llevar a cabo una contramedida contra áreas donde esté ocurriendo la retracción. Sin embargo, dado que cortar o perforar puede disminuir la rigidez del propio producto, solo un ligero estrés residual tiende a causar una gran retracción. Por esta razón, este enfoque falla en eliminar completamente el problema de la retracción. Además, tal enfoque necesita pruebas con un molde de prueba real y una placa de acero, que aumenta las horas hombre y costes en la fase de diseño.

Los Documentos de Patentes 2-5 también describen simulaciones mediante el método del elemento finito. Los métodos descritos en los Documentos de Patentes 2-4 usan liberación y modificación del estrés parcial. En el Documento de Patente 2, sin embargo, la evaluación solo se hace con respecto a una cantidad de variaciones de ángulos, esto es, torsión, antes y después de que ocurra la retracción en partes y así factores que pueden causar una deformación diferente a la torsión quedan fuera de la discusión. En el Documento de Patente 2, todos los componentes del estrés en posiciones de liberación durante la liberación del estrés se establecen a

0. Si la deformación es grande, la aproximación lineal realizada con respecto a los gradientes del estrés produce grandes inconsistencias entre la aproximación lineal y la transición no lineal real.

[Documentos de la técnica relacionados]

- 5 [Documentos de patentes]
- [Documento de Patente 1] Solicitud de Patente no Examinada japonesa, Primera Solicitud No. 2003-33828
- 10 [Documento de Patente 2] Solicitud de Patente no Examinada japonesa, Primera Solicitud No. 2007-229724
- [Documento de Patente 3] Solicitud de Patente no Examinada japonesa, Primera Solicitud No. 2008-49389
- [Documento de Patente 4] Solicitud de Patente no Examinada japonesa, Primera Solicitud No. 2008-55476
- 15 [Documento de Patente 5] Solicitud de Patente no Examinada japonesa, Primera Solicitud No. 2004-148381

[Documentos de No Patentes]

- 20 [Documento de No Patente 1] revisión técnica de Mitsubishi Motors Corporation (No.18, 2006, páginas 126 a 131)

[Descripción de la Invención]

[Problema que la Invención ha de resolver]

- 25 Como se describió anteriormente, aunque el proceso de formación a presión y el producto formado a presión han sido analizados a través de análisis numérico, es difícil especificar de manera precisa la causa de la retracción en un producto formado a presión en la fase de diseño antes de conducir pruebas de formación reales.
- 30 Es por lo tanto un objeto de la invención proporcionar análisis de la causa de retracción con la cual un área de un producto formado a presión en el cual ocurre la retracción puede ser analizada de manera más precisa que nunca a través del análisis numérico y así el tiempo y coste necesarios para determinar un proceso para un producto de formación se puede reducir.

[Medios para resolver el problema]

Los problemas anteriores son resueltos según las reivindicaciones adjuntas.

La invención tiene los siguientes aspectos:

- 40 (1) Un primer aspecto de la invención es un método de analizar una causa de retracción, que incluye: realizar un análisis de formación a través de una simulación numérica en base a una condición de formación de un producto formado de manera plástica para calcular datos de formación del producto formado; descomponer, sobre el producto formado completo, datos del estrés incluidos en los datos de formación del producto formado en un componente de estrés en plano y un componente del momento de flexión con respecto a al menos un componente direccional de los componentes direccionales del estrés; generar, a partir de los datos de formación del producto formado, unos datos de descomposición individual que incluyen al menos uno entre unos primeros datos de descomposición individual y unos segundos datos de descomposición individual como unos datos de descomposición individual calculados previamente, los primeros datos de descomposición individual que tienen solo una componente de estrés en plano al respecto del estrés del componente direccional descompuesto, los segundos datos de descomposición individual que tienen solo un componente del momento de flexión al respecto de un estrés del componente dirección descompuesto; realizar un cálculo para al menos un componente direccional del estrés en los datos de formación de descomposición individual del cálculo previo al respecto de cada área una de las áreas divididas a partir del producto formado, para generar unos datos de formación de descomposición individual del cálculo posterior; analizar una primera configuración de retracción obtenida a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición individual del cálculo previo y una segunda configuración de retracción obtenida a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición individuales del cálculo posterior; obtener un grado de influencia de un estrés en cada una de las áreas con respecto a una deformación de la retracción, calculada en base a una configuración de la retracción previa del producto formado incluido en los datos de formación, la primera configuración de la retracción, y la segunda configuración de la retracción; y presentar el grado de influencia con respecto a la deformación de la retracción calculada para cada área.
- 50
- 55
- 60
- 65 (2) En el método de (1), la realización del análisis de formación puede ser ejecutada a través de simulación numérica mediante un método del elemento finito mediante el uso de múltiples elementos; un estrés promedio en una dirección del grosor de la placa de cada componente direccional para cada

elemento en los datos de formación del producto formado puede ser usada como el componente del estrés en plano del componente direccional; y un valor obtenido mediante la sustracción del promedio del estrés en plano de cada uno de los componentes direccionales del valor del estrés para todos los puntos de integración que surgen para cada elemento puede ser usado como el componente del momento de flexión del componente direccional.

(3) En el método de (1), el cálculo puede ejecutarse mediante la multiplicación de al menos uno de los componentes direccionales de un estrés de los datos de formación de descomposición individual del cálculo previo por un coeficiente  $k$  en un intervalo de  $-2 \leq k \leq 2$ .

(4) En el método de (3), el intervalo del coeficiente  $k$  puede ser  $0 < k \leq 1$ .

(5) En el método de (4), el intervalo del coeficiente  $k$  puede ser  $0,5 \leq k \leq 0,95$ .

(6) En el método de (1), el producto formado puede ser un producto formado a presión.

(7) Un segundo aspecto de la invención es un dispositivo de análisis de la causa de la retracción, que incluye: una sección de análisis de formación que realiza un análisis de formación a través de una simulación numérica basada en una condición de formación de un producto formado de manera plástica para calcular datos de formación del producto formado;

una sección de descomposición que descompone, sobre todo el producto formado, datos de estrés incluidos en los datos de formación del producto formado en un componente del estrés en plano y un componente del momento de flexión con respecto a al menos un componente direccional de los componentes direccionales del estrés; una sección de generación de datos de formación de descomposición individual del cálculo previo que generan, a partir de los datos de formación del producto formado, unos datos de descomposición individual que incluyen al menos uno entre unos primeros datos de descomposición individual y unos segundos datos de descomposición individual como unos datos de descomposición individual de cálculo previo, los primeros datos de descomposición individual que tienen solo un componente de estrés en plano al respecto del estrés del componente direccional descompuesto, los segundos datos de descomposición individual que tienen solo un componente del momento de flexión al respecto de un estrés del componente direccional descompuesto; una sección de cálculo que realiza un cálculo para al menos un componente direccional del estrés en los datos de formación de descomposición individual del cálculo previo al respecto de cada una de las áreas divididas a partir del producto formado, para generar unos datos de formación de descomposición individual de cálculo posterior; una sección de análisis de la retracción que analiza una primera configuración de la retracción obtenida a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición individual del cálculo previo y una segunda configuración de retracción obtenida a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición individual del cálculo posterior; una sección de obtención de influencia que obtiene un grado de influencia de un estrés en cada una de las áreas con respecto a una deformación de la retracción, calculado en base a una configuración de la retracción previa del producto formado incluido en los datos de formación, la primera configuración de la retracción, y la segunda configuración de la retracción; y una sección de presentación que presenta el grado de influencia con respecto a la deformación de la retracción calculada para cada área.

(8) En el dispositivo (7), la sección de presentación puede presentar el grado de influencia con respecto a la deformación de la retracción calculada para cada una de las áreas como una presentación de contorno.

(9) Un tercer aspecto de la invención es un programa para analizar una causa de la retracción, que incluye: realizar un análisis de formación a través de una simulación numérica en base a una condición de formación de un producto formado de manera plástica para calcular datos de formación del producto formado; descomponer, sobre un producto formado completo, datos del estrés incluidos en los datos de formación del producto formado en un componente del estrés en plano y un componente del momento de flexión con respecto a al menos un componente direccional de componentes direccionales del estrés; generar, a partir de los datos de formación del producto formado, unos datos de descomposición individual que incluyen al menos uno de entre unos primeros datos de descomposición individual y unos segundos datos de descomposición individual como unos datos de descomposición individual del cálculo previo, los primeros datos de descomposición individual que tienen solo un componente del estrés en plano al respecto del estrés del componente direccional descompuesto, los segundos datos de descomposición individual que tienen solo un componente del momento de flexión al respecto a un estrés del componente direccional descompuesto; realizar un cálculo para al menos un componente direccional del estrés en los datos de formación de descomposición individual del cálculo previo al respecto de cada una de las áreas divididas a partir del producto formado, para generar unos datos de formación de descomposición individual del cálculo posterior; analizar una primera configuración de la retracción obtenida a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición individual del cálculo previo y una segunda configuración de retracción obtenida a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición individual del cálculo posterior; obtener un grado de influencia del estrés en cada una de las áreas con respecto a una deformación de la retracción, calculada en base a una configuración de la retracción previa del producto formado incluido en los datos de formación, la primera configuración de la retracción, y la segunda configuración de la retracción; y presentar el grado de influencia con respecto a la deformación de la retracción calculada para cada área.

(10) En el programa de (9), la realización del análisis puede ser ejecutada a través de una simulación numérica mediante un método del elemento finito mediante el uso de múltiples elementos; un estrés promedio en una dirección del grosor de la placa de cada componente direccional para cada elemento en los datos de formación del producto formado puede ser usada como el componente del estrés en plano del componente direccional; y un valor obtenido mediante la sustracción del promedio del estrés en plano de cada uno de los componentes direccionales del valor de estrés para todos los puntos de integración que surgen para cada elemento puede ser usado como el componente del momento de flexión del componente direccional.

(11) Un cuarto aspecto de la invención es un soporte de registro legible por un ordenador en el cual el programa para analizar la causa de la retracción según (9) es grabado.

(12) Un quinto aspecto de la invención es un método de analizar una causa de la retracción, que incluye: realizar un análisis de formación a través de una simulación numérica en base a una condición de formación de un producto formado de manera plástica para calcular datos de formación del producto formado; descomponer, sobre un producto formado completo, datos del estrés incluidos en los datos de formación del producto formado en un componente del estrés en plano y un componente del momento de flexión con respecto a al menos un componente direccional de componentes direccionales del estrés; generar, a partir de los datos de formación del producto formado, unos datos de descomposición individual que incluyen al menos uno entre unos primeros datos de descomposición individual y unos segundos datos de descomposición individual como unos datos de descomposición individual del cálculo previo, los primeros datos de descomposición individual que tienen solo un componente del estrés en plano al respecto del estrés del componente direccional descompuesto, los segundos datos de descomposición individual que tienen solo un componente del momento de flexión al respecto a un estrés del componente direccional descompuesto; realizar un cálculo para al menos un componente direccional del estrés en los datos de formación de descomposición individual del cálculo previo al respecto a cada una de las áreas divididas a partir del producto formado, para generar unos datos de formación de descomposición individual del cálculo posterior; analizar una primera configuración de la retracción obtenida a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición individual del cálculo previo y una segunda configuración de retracción obtenida a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición individual del cálculo posterior; obtener un grado de influencia del estrés en cada una de las áreas con respecto a una deformación de la retracción, calculada en base a una configuración de la retracción previa del producto formado incluido en los datos de formación, la primera configuración de la retracción, y la segunda configuración de la retracción; y presentar el grado de influencia con respecto a la deformación de la retracción calculada para cada área.

#### [Efectos de la Invención]

Según la presente invención, la causa de la retracción puede ser analizada de manera precisa y el tiempo necesario para determinar un proceso de formación para un producto formado puede reducirse.

Además, la presente invención proporciona un análisis de la causa de la retracción que no puede ser realizado con productos reales. Contramedidas contra la retracción pueden ser llevadas a cabo mediante la descomposición del problema en componentes más pequeños.

La presente invención incluye dividir un producto formado a presión en áreas y multiplicar, por un coeficiente  $k$ , al menos un componente direccional del estrés en datos de formación de descomposición individual en un área de interés para cada una de las áreas. El coeficiente  $k$  está preferiblemente en un intervalo  $-2 \leq k \leq +2$  (incluyendo 0). Si el coeficiente  $k$  es 0, el cálculo se simplifica y la influencia del estrés para cada área con respecto a la deformación de la retracción puede ser evaluada claramente, en base al grado calculado de influencia. Si el coeficiente  $k$  es un valor cercano a +1, el grado de influencia puede calcularse y evaluarse con mayor precisión. La precisión de evaluación es mejorada con el valor del coeficiente  $k$  cercano a 1 comparado con el coeficiente  $k$  cercano a 0 porque una relación entre el estrés y el desplazamiento es prácticamente no lineal. Si la deformación es pequeña, casi no existe diferencia en los gradientes del estrés y tras editar con respecto al desplazamiento entre la simulación de aproximación lineal y un proceso no lineal real. En este caso, aun si el cálculo es realizado con el coeficiente  $k$  establecido a 0, el valor del grado de influencia del estrés con respecto a la retracción para cada área puede ser suficientemente preciso para el análisis y evaluación. Si la deformación es grande, por el contrario, la diferencia en los gradientes del estrés antes y después de editar con respecto al desplazamiento se vuelven grandes entre la simulación de aproximación lineal y un proceso no lineal real. Por lo tanto, la aproximación lineal puede incluir errores. Si el cálculo es realizado para que un valor del estrés después de la edición esté cercano a un valor del estrés antes de la edición (esto es, si el coeficiente  $k$  es cercano a 1), el cálculo es realizado con los gradientes del estrés antes y después de la edición con respecto a la deformación y cercano al de un proceso no lineal real. La precisión en la evaluación de valores del grado de influencia del estrés con respecto a la retracción de cada área es por lo tanto mejorada en comparación con un caso donde el coeficiente  $k$  es 0 (véase la Figura 10). Es especialmente ventajoso ajustar el coeficiente  $k$  a que sea un valor cercano a +1.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 ilustra una configuración de un dispositivo que analiza una causa de la retracción según una realización de la presente invención.

La Figura 2 ilustra de manera esquemática un método para analizar la causa de la retracción según una realización de la presente invención.

5 La Figura 3 ilustra una configuración de hardware ejemplar de un dispositivo que analiza una causa de la retracción.

La Figura 4 es una vista en perspectiva que ilustra una configuración de un producto formado a presión en el Ejemplo 1.

La Figura 5 ilustra áreas divididas del producto formado a presión en el Ejemplo 1.

10 La Figura 6 ilustra un resultado del análisis de la retracción en base a datos originales adquiridos a partir del análisis de la formación a presión.

La Figura 7A ilustra una cantidad de retracción en cada área para la cual se realiza el cálculo con respecto a los datos de descomposición del componente del momento de flexión (esto es, estrés desviador).

15 La Figura 7B ilustra una cantidad de retracción en cada área para la cual se realiza el cálculo con respecto a los datos de descomposición del componente del estrés en plano (esto es, estrés promedio).

La Figura 8A ilustra una configuración de un producto formado a presión en el Ejemplo 2.

La Figura 8B ilustra áreas divididas y puntos fijos del producto formado a presión en el Ejemplo 2.

La Figura 9A ilustra una configuración de un producto formado a presión en el Ejemplo 3.

20 La Figura 10 es una gráfica que ilustra una relación entre estrés y desplazamiento.

La Figura 11A ilustra una configuración de un producto formado a presión en el Ejemplo 5.

La Figura 11B ilustra áreas divididas y puntos fijos del producto formado a presión en el Ejemplo 5.

La Figura 11C ilustra un ángulo torsional sobre el eje X relacionado con el producto formado a presión en el Ejemplo 5.

25 La Figura 12A ilustra una configuración de un productor formado a presión en el Ejemplo 6.

La Figura 12B ilustra áreas divididas y puntos fijos del producto formado a presión en el Ejemplo 6.

La Figura 13A ilustra una configuración de un productor formado a presión en el Ejemplo 7.

La Figura 13B ilustra áreas divididas y puntos fijos del producto formado a presión en el Ejemplo 7.

La Figura 14A ilustra una configuración de un productor formado a presión en el Ejemplo 8.

30 La Figura 14B ilustra áreas divididas y puntos fijos del producto formado a presión en el Ejemplo 8.

La Figura 14C ilustra desplazamiento relativo (esto es, torsión) de cuatro nodos relacionados con el producto formado a presión en el Ejemplo 5.

La Figura 15A ilustra una configuración de un producto formado a presión en el Ejemplo 9.

La Figura 15B ilustra áreas divididas y puntos fijos del producto formado a presión en el Ejemplo 9.

35 La Figura 16A ilustra un sistema de coordenadas global del producto formado a presión en el Ejemplo 9.

La Figura 16B es una vista de corte transversal de la Figura 16A tomada a lo largo de la línea F-F.

La Figura 17A ilustra un sistema de coordenadas local del producto formado a presión en el Ejemplo 9.

La Figura 17B es una vista de corte transversal de la Figura 17A tomada a lo largo de la línea G-G.

40 [Realizaciones de la invención]

En adelante, las realizaciones preferidas de la presente invención serán descritas en referencia al análisis de una causa de la retracción en un producto formado a presión a partir de un material de placa delgado. La aplicación de la presente invención, sin embargo, no está limitada al mismo, y puede incluir productos formados en láminas y materiales lineales formados.

45 La Figura 1 ilustra una configuración funcional de un dispositivo 1 de análisis de la causa de la retracción según una realización de la presente invención. El dispositivo 1 de análisis de la causa de la retracción incluye una sección 2 de entrada de condiciones de formación, una sección 3 de análisis de formación de presión, una sección 4 de generación e datos de formación de descomposición, una sección 5 de división de área y cálculo, una sección 6 de análisis de retracción, una sección 19 de cálculo del grado de influencia, una pantalla 20 de salida del grado de influencia que es una sección de presentación, y una sección S de almacenamiento de archivos.

55 La sección 2 de entrada de condiciones de formación es para introducir condiciones de formación, que incluye datos de configuración (que incluye grosor, longitud, ancho, curvatura y distorsión de la placa), naturaleza (que incluye calidad del material, tal como resistencia y extensión), una configuración del molde (que incluye configuraciones de un molde y una condición de perforación, curvatura, diámetro, espacio y lubricación), condiciones de presión (que incluye carga para arrugas de presión, carga de taco, tensión de gota, presión de presión y temperatura) al respecto de una placa de acero a ser analizada en la sección 3 de análisis de la formación a presión y la sección 6 de análisis de la retracción. Las áreas de datos usadas para el análisis de la formación, áreas de datos usadas en la sección 4 de generación de los datos de formación de descomposición, áreas de datos usadas en la sección 5 de división de área y cálculo y áreas divididas usadas para presentar un resultado del análisis en una pantalla de salida pueden ser configurados por separado y pueden ser introducidos.

65

La sección 3 de análisis de la formación a presión obtiene, a través del análisis numérico, una configuración, estrés, distorsión, grosor de la placa de un producto formado a ser formado a presión en la base de la entrada de datos a partir de la sección 2 de entrada de condiciones de formación. El análisis numérico puede ser realizado mediante un método del elemento finito de plástico elástico, un método del elemento finito de plástico rígido, un método del elemento finito de un paso y un método del elemento frontera. La sección 3 de análisis de la formación a presión saca resultados del análisis numérico en la forma de variables, tales como grosor de la placa de una pieza de trabajo, valores de componentes del estrés y valores de componentes de la tensión o una distribución de estas variables. Los datos de salida (esto es, datos originales) son sacados a la sección 4 de generación de datos de formación de descomposición, la sección 5 de división de área y cálculo, la sección 6 de análisis de la retracción y la sección 19 de cálculo del grado de influencia como, por ejemplo, un archivo "P org.k" y es almacenado en la sección S de almacenamiento de archivos.

El análisis numérico en la sección 3 de análisis de la formación a presión puede incluir configurar las condiciones de formación, tales como datos de configuración, naturaleza, configuración del molde y condiciones de presión, mediante el uso del método del elemento finito y la realización del análisis de la formación para obtener de manera numérica la distribución del estrés y tensión tras la formación. Ejemplos de software usado para el análisis numérico en el método del elemento finito incluye software disponible de manera comercial, tal como PAM-STANP, LSDYNA, AUTOFORM, OPTRIS, ITAS-3D, ASU/P-FORM, ABAQUS, MARC, HYSTAMP, HYPERFORM, SIMEX, FASTFORM-3D y QUICKSTAMP.

La sección 4 de generación de datos de formación de descomposición descompone, sobre el producto formado a presión completo, los datos de formación al respecto del producto formado a presión adquiridos en la sección 3 de análisis de la formación a presión en un componente del estrés en plan y un componente del momento de flexión con respecto a al menos una de las direcciones de los componentes direccionales del estrés para cada elemento. Al respecto del estrés de los componentes direccionales obtenidos mediante la descomposición de los datos de formación del producto formado a presión adquiridos en la sección 3 de análisis de la formación a presión, los datos de descomposición individual que tienen solo un componente del estrés en plan y datos de descomposición individual que tienen solo un componente del momento de flexión son generados. El componente del estrés en plano en este documento es un componente del estrés promedio de la distribución en una dirección del grosor de la placa del estrés de dirección en plano del producto formado. El componente del momento de flexión es un estrés desviador de la distribución de la dirección del grosor de la placa en el estrés de dirección en plano del producto formado, esto es, un componente del estrés que tiene una distribución en la dirección del grosor de la placa obtenida mediante la sustracción del componente del estrés promedio de la distribución en la dirección de grosor de la placa, en el estrés de dirección en plano.

El estrés promedio de la distribución en la dirección del grosor de la placa para cada elemento del resultado del análisis de la formación es asignado a todos los puntos de integración en la dirección del grosor de la placa para cada elemento a generar datos de descomposición de componente del estrés en plano generado. Los datos de descomposición de componente del momento de flexión son también generados mediante la sustracción del estrés promedio extraído del resultado del análisis de formación original de los valores de estrés de todos los puntos de integración en la dirección de grosor de la placa generados para cada elemento. Esto es, el estrés promedio en los datos de formación es usado como el componente del estrés en plano y un valor obtenido mediante la sustracción del estrés promedio en plano de los valores de estrés de todos los puntos de integración en la dirección de grosor de la placa generados para cada elemento es usado como el componente del momento de flexión.

La descomposición de las direcciones del estrés en este documento puede ser realizada en base de un sistema de coordenadas global o un sistema de coordenadas local. El sistema de coordenadas local está basado en un sistema de coordenadas de nodos que constituyen cada uno de los elementos. El sistema de coordenadas local puede ser establecido a cada elemento en la base del sistema de coordenadas global en un estado inicial en el análisis de formación a presión de cada elemento, esto es, en un estado vacío inicial de la presión, y el estrés puede ser descompuesto en la base de un sistema de coordenadas tras la formación a presión obtenida mediante el movimiento y rotación del sistema de coordenadas local ajustado para cada elemento que sigue la deformación de cada elemento en la formación a presión.

De este modo, "P rem.hei.k" y "P rem.hen.k" son adquiridos. "P rem.hei.k" son datos de la descomposición individual obtenidos mediante los datos de descomposición del resultado del análisis de formación obtenidos mediante el análisis numérico de las condiciones de formación del producto formado a presión en datos del componente del estrés en plano con respecto a al menos una de las direcciones de los componentes de dirección del estrés sobre el producto formado a presión completo. "P rem.hen.k" son datos de descomposición individual obtenidos por los datos de descomposición del resultado del análisis de formación mediante el análisis numérico de las condiciones de formación del producto formado a presión en datos del componente del momento de flexión con respecto a al menos una de las direcciones de los componentes direccionales del estrés sobre el producto formado a presión completo. Esos datos de descomposición individual son sacados a la sección 5 de división de área y cálculo y la sección 6 de análisis de la retracción, y son almacenados en la sección S de almacenamiento de archivos.

5 La sección 5 de división de área y cálculo introduce los archivos de datos "P rem.hei.k" y "P rem.hen.k" sacados de la sección 4 de generación de datos de formación de descomposición, realiza división de área en la base de los datos de configuración del producto formado a presión, realiza cálculos para cada área, saca "P rem2.hei.k" y "P rem2.hen.k" para cada área como un resultado del cálculo a la sección 6 de análisis de retracción y almacena los datos en la sección S de almacenamiento de archivos. El cálculo es realizado con respecto a al menos uno de los componentes direccionales del estrés en un área de interés para cada una de las áreas divididas al respecto de "P rem.hei.k" y "P rem.hen.k". El cálculo es una multiplicación que usa un coeficiente k, que es preferiblemente  $-2 \leq k \leq +2$ , más preferiblemente  $0 < k \leq 1$  y aún más preferiblemente  $0,5 \leq k \leq 0,95$ .

10 El cálculo descrito anteriormente es para multiplicar los componentes del estrés de solo un área especificada entre las áreas divididas por el coeficiente  $k_i$  ( $i=1$  a 6).

$$\sigma_x = k_1 \times \sigma_{x0}$$

$$\sigma_y = k_2 \times \sigma_{y0}$$

$$\sigma_z = k_3 \times \sigma_{z0}$$

$$\tau_{xy} = k_4 \times \tau_{xy0}$$

$$\tau_{yz} = k_5 \times \tau_{yz0}$$

$$\tau_{zx} = k_6 \times \tau_{zx0}$$

15 Aquí, los componentes del estrés antes del punto de integración de un área seleccionada son representados por  $(\sigma_{x0}, \sigma_{y0}, \sigma_{z0}, \tau_{xy0}, \tau_{yz0}, \tau_{zx0})$ . El componente del estrés tras el cálculo es representado por  $(\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx})$ . El coeficiente  $k_i$  es  $-2 \leq k_i \leq +2$ . Todos los  $k_i$  pueden ser 0, o al menos uno de los  $k_i$  pueden ser 0 y otros pueden ser cualquier valor dentro del intervalo descrito anteriormente.

20 La sección 5 de división de área y cálculo adquiere datos del producto formado a presión de los datos de entrada y divide los datos del producto formado a presión en áreas múltiples. Las áreas pueden dividirse en tamaños uniformes en la base de la configuración del producto formado a presión. De manera alternativa, las áreas pueden dividirse de manera uniforme en la base de la configuración de un material en blanco antes de ser formados a presión. Las áreas divididas del producto formado pueden ser determinadas en la base de la curvatura o la magnitud del estrés obtenido como un resultado del análisis de formación a presión o pueden ser especificadas por un operador del análisis.

30 La sección 6 de análisis de la retracción realiza un análisis de la retracción mediante el uso de los archivos de datos "P rem.hei.k" y "P rem.hen.k" sacados de la sección 4 de generación de datos de formación de descomposición, y archivos de datos "P rem2.hei.k" y "P rem2.hen.k" sacados de la sección 5 de división de área y cálculo como datos de entrada. La sección 6 de análisis de la retracción entonces calcula la configuración del producto formado después de que ocurra la retracción, y saca "SB rem.hei.k", "SB rem.hen.k", "SB rem2.hei.k" y "SB rem2.hen.k" como datos del resultado del cálculo a la sección 19 de cálculo del grado de influencia y almacena los datos en la sección S de almacenamiento de archivos. El análisis de la retracción es un análisis numérico de la configuración de un producto formado después de que la retracción ocurra mediante la realización del cálculo para un proceso de descarga mediante, por ejemplo, un método del elemento finito elástico, un método del elemento finito de plástico elástico o un método del elemento finito de un paso en la base de variables y distribución de las variables tales como grosor de la placa, un valor del componente del estrés y un valor del componente de la distorsión adquirido por la sección 4 de generación de datos de formación de descomposición y la sección 5 de división de área y cálculo. La configuración de la retracción es adquirida como datos de análisis del elemento finito (esto es, datos al respecto de cada elemento y datos al respecto de los nodos que constituyen cada elemento).

45 La sección 19 de cálculo del grado de influencia calcula un grado de influencia con respecto a la retracción para cada área dividida en la base de los datos de formación a presión que son un resultado del análisis de la



sección 3 de análisis de formación a presión y "SB rem.hei.k", "SB rem.hen.k", "SB rem2.hei.k" y "SB rem2.hen.k" que son resultados del análisis de la sección 6 de análisis de la retracción.

5 El grado de influencia con respecto a la retracción es calculado mediante la comparación de una cantidad de retracción obtenida mediante el uso de, como datos de entrada, los datos de descomposición individual "P rem.hei.k" y "P rem.hen.k" generados en la sección 4 de generación de datos de formación de descomposición, y la cantidad de retracción obtenida mediante el uso de, como datos de entrada, los archivos de datos "P rem2.hei.k" y "P rem2.hen.k" sacados de la sección 5 de división de área y cálculo

10 Lo siguiente puede ser usado para una cantidad de retracción, como un objetivo de la evaluación del grado de influencia, esto es, una diferencia posicional (esto es, desplazamiento) de un punto específico (esto es, un nodo específico de los datos del elemento finito) en un sistema de coordenadas antes y después de que ocurra la retracción, una diferencia angular (esto es, torsión) de una línea que conecta dos puntos específicos antes y después de que ocurra la retracción, una diferente en desplazamiento relativo de dos puntos específicos (esto es, desplazamiento relativo) antes y después de que ocurra la retracción, o una diferencia angular (esto es, torsión relativa) de un ángulo definido por una línea que conecta dos puntos específicos y una línea que conecta otros dos puntos específicos antes y después de que ocurra la retracción.

15 La cantidad de retracción de los datos de descomposición individual "P rem.hei.k" y "P rem.hen.k" pueden ser obtenidos en base a una diferencia entre las configuraciones antes y después de que ocurra la retracción. Una configuración de los datos de formación a presión que es un resultado del análisis de la sección 3 de análisis de formación a presión puede ser usada como la configuración antes de que ocurra la retracción, y "SB rem.hei.k" y "SB rem.hen.k" que son resultados del análisis de la sección 6 de análisis de la retracción pueden ser usados como la configuración después de que ocurra la retracción.

20 La cantidad de retracción de "P rem2.hei.k" y "P rem2.hen.k" calculadas para cada área dividida puede obtenerse en base a una diferencia entre las configuraciones antes y después de que ocurra la retracción. Los datos de formación a presión que son resultado del análisis de la sección 3 de análisis de formación a presión pueden ser usados como la configuración antes de que ocurra la retracción, y "SB rem2.hei.k" y "SB rem2.hen.k" que son resultados del análisis de la sección 6 de análisis de la retracción pueden ser usados como la configuración después de que ocurra la retracción.

25 El grado de influencia con respecto a la retracción es obtenido mediante la multiplicación de una diferencia entre una cantidad de retracción de los datos de descomposición individual "P rem.hei.k" y "P rem.hen.k" y una cantidad de retracción de "P rem2.hei.k" y "P rem2.hen.k" calculados para cada área dividida por un recíproco de un "1 - coeficiente k (que fue usado para el cálculo)." Si las áreas de las áreas divididas no son iguales, el resultado de la multiplicación puede ser además dividido por el área del área para adquirir el grado de influencia por unidad de área.

30 La cantidad de retracción descrita anteriormente es calculada en la base del análisis de la retracción mediante el uso de un punto fijo establecido en un archivo de datos original "P org.k". Sin embargo, la cantidad de retracción varía ampliamente dependiendo de la posición del punto fijo. Si el grado de influencia con respecto a la retracción ha de ser adquirido en la base de otro punto fijo, es preferible que los datos de formación a presión que son resultado del análisis de la sección 3 de análisis de formación a presión y "SB rem.hei.k", "SB rem.hen.k", "SB rem2.hei.k" y "SB rem2.hen.k" que son resultado del análisis de la sección 6 de análisis de la retracción están alineados entre ellos (esto es, movidos o rotados) en un punto fijo para el cual la evaluación ha de ser realizada y entonces calcular el grado de influencia con respecto a la retracción. De este modo, el grado de influencia con respecto a la retracción de otro punto fijo puede ser obtenido fácilmente sin realizar otra vez el análisis de la formación o el análisis de la retracción.

35 La sección 19 de cálculo del grado de influencia puede adquirir una distribución del grado de influencia con respecto a la retracción sobre el producto formado a presión completo mediante el cálculo secuencial del grado de influencia con respecto a la retracción descrita anteriormente para cada área dividida.

40 Es preferible que el grado de influencia de cada área dividida con respecto a la retracción sea presentada como una presentación de contorno en una pantalla 20 de salida de la sección de presentación del grado de influencia. Según la presente invención, como se describe en Ejemplos más adelante, la retracción es analizada en la base de los datos de descomposición individual descompuestos en los componentes del estrés en plan y el componente del momento de flexión, y datos de descomposición individual obtenidos mediante la multiplicación, por un coeficiente k, de al menos un componente direccional del estrés en un área de interés para cada una de las áreas divididas de un producto formado a presión. Entonces, un grado de influencia de los componentes direccionales del estrés en cada área con respecto a la retracción es calculado. En la presente invención, el así calculado grado de influencia puede ser presentado por separado o puede ser presentado como una presentación de contorno sobre un componente completo. Estas presentaciones pueden hacerse para cada componente del estrés. De este modo, la causa de la retracción puede ser analizada más fácil y precisamente que nunca antes.

La Figura 2 ilustra un flujo de un método de análisis de la causa de la retracción según una realización de la presente invención descrita anteriormente. Como se ilustra en la Figura 2, las condiciones de formación son introducidas en la sección 2 de entrada de condiciones de formación en el paso 1. En el paso 2, la sección 3 de análisis de la formación a presión realiza un proceso de análisis de la formación a presión a través de análisis numérico en la base de las condiciones de formación del producto formado a presión para calcular los datos de formación del producto formado a presión. En el paso 3, la sección 4 de generación de datos de formación de descomposición descompone el estrés en un componente del estrés en plano y un componente del momento de flexión para generar datos de descomposición individual. En el paso 4, la sección 5 de división de área y cálculo divide los datos del producto formado a presión en múltiples áreas, y realiza el cálculo con respecto a al menos una dirección de los datos de estrés para cada área para generar datos de cálculo. En el paso 5, una sección 6 de análisis de la retracción realiza análisis de la retracción para calcular una configuración después de que ocurra la retracción. En el paso 6, una sección 7 de cálculo del grado de influencia calcula un grado de influencia para cada área dividida con respecto a la retracción en la base de la configuración del producto formado a presión después de que ocurra la retracción. En el paso 7, una sección 8 de presentación presenta los resultados del cálculo como una presentación de contorno en una pantalla de la sección de presentación o saca el resultado del cálculo a una impresora. En el paso 9, en la base del así obtenido resultado de salida, si es necesario, una sección 9 de cambio de la condición de fijado cambia un punto fijo de la retracción para calcular un grado de influencia con respecto a la retracción para la evaluación detallada. El anterior producto puede ser formado en la base del método precedente de analizar la causa de la retracción. Por ejemplo, un área dividida con un alto grado de influencia con respecto a la retracción puede ser especificado en la base del resultado precedente obtenido por el método de analizar la causa de la retracción. Al respecto de la así especificada área de la causa de la retracción, si tanto el promedio del estrés en plano o el estrés desviador, que son las causas de la ocurrencia de la retracción, son altas, una contramedida puede ser tomada de manera separada contra la causa especificada de retracción. El diseño del molde puede ser cambiado según la causa especificada de retracción para proporcionar un producto formado con una cantidad de retracción reducida.

La Figura 3 ilustra una configuración de hardware ejemplar de un dispositivo usado para analizar la causa de la retracción. Los procesos en la sección 3 de análisis de la formación a presión, la sección 4 de generación de datos de formación de descomposición, la sección 5 de división de área y cálculo y la sección 6 de análisis de la retracción son proporcionadas por un programa 10 para analizar la causa de la retracción, y son ejecutadas por un ordenador. El ordenador incluye una CPU 11, una memoria 12 que almacena el resultado del procesamiento, un elemento de presentación 13 que es una sección de presentación, dispositivos 14 de entrada, tales como un teclado y un ratón, un disco 15 duro, un dispositivo 16 de almacenamiento externo, tal como una unidad de CD/DVD, una tarjeta 17 de interfaz de red (NIC) y una impresora 18. El programa 10 para analizar la causa de la retracción puede grabar datos en un soporte de registro legible por un ordenador para distribución. En adelante, la presente invención será descrita más en detalle con referencia a los Ejemplos.

[Ejemplos]  
 [(Ejemplo 1: un Ejemplo en el cual los componentes del estrés fueron establecidos a 0)]

La Figura 4 es una vista en perspectiva que ilustra una configuración de un producto formado a presión en el Ejemplo 1 según la presente invención. Primero, un análisis de la formación a presión fue realizado mediante software disponible comercialmente LS-DYNA para análisis de simulación de la formación de la placa en la base del método del elemento finito. Como los datos al respecto de la naturaleza de una placa de metal, datos al respecto de una placa de acero de alta resistencia que tiene un grosor de placa de 1,6 mm y resistencia tensil de 590MPa fueron usados. La configuración del molde (esto es, un molde, una perforación o un soporte) fue modelado en elementos de revestimiento, y entonces analizado como cuerpos rígidos. El espacio del molde fue establecido a 0 mm. El coeficiente de fricción fue establecido a 0,15. La carga de formación fue establecida a 3000 kN.

Un programa que genera datos de descomposición individual descompuestos en el componente del estrés en plano (esto es, el estrés promedio) y el componente del momento de flexión (esto es, el estrés desviador) toma un archivo cuyos datos al respecto del estrés y distorsión adquiridos del análisis de la formación a presión son sacados, como datos de entrada, y los datos de descomposición individual generados a partir de los datos de entrada tomados. Aquí, el estrés promedio para cada elemento extraído del resultado del análisis de formación originales asignado a todos los puntos de integración de la dirección del grosor de la placa para cada elemento, y los datos de descomposición del componente de estrés en plano son generados. El estrés promedio extraído del resultado del análisis de la formación original es substraído de los valores de estrés (que fueron generados respectivamente en cada elemento) de todos los puntos de integración en la dirección de grosor de la placa para generar datos de descomposición del componente del momento de flexión.

Un programa que ejecuta división de área y cálculo toma un archivo al cual los datos al respecto del estrés y distorsión adquiridos a partir de datos de descomposición individual fueron sacados como datos de entrada, y divide las áreas del producto formado a presión para el cálculo. La Figura 5 ilustra áreas divididas del producto

formado a presión ilustrado en la Figura 4 en el Ejemplo 1 de la presente invención. El cálculo aquí fue realizado para todos los puntos de integración de elementos pertenecientes a cada área. En el cálculo, todos los componentes del estrés fueron multiplicados por el coeficiente 0 para obtener  $\sigma_x=0$ ,  $\sigma_y=0$ ,  $\sigma_z=0$ ,  $\tau_{xy}=0$ ,  $\tau_{yz}=0$  y  $\tau_{zx}=0$

Los componentes del estrés antes del cálculo en los puntos de integración de un área seleccionada son representados como  $(\sigma_x0, \sigma_y0, \sigma_z0, \tau_{xy}0, \tau_{yz}0, \tau_{zx}0)$ . Los componentes del estrés después del cálculo en los puntos de integración del área seleccionada son representados como  $(\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx})$ . El estrés calculado fue sacado como un archivo de resultado del cálculo.

A continuación, un proceso de análisis de la retracción fue realizado mediante el uso del software mencionado anteriormente LS-DYNA. Los resultados de salida del programa que ejecuta la división de área y cálculo fueron introducidos en el software LS-DYNA para analizar la retracción. La retracción fue analizada mediante el uso de análisis elástico mediante un método implícito estático. El cálculo y análisis de la retracción fueron repetidos para todas las áreas divididas.

La Figura 6 ilustra un resultado del análisis de la retracción basado en los datos originales adquiridos a partir del análisis de la formación a presión del Ejemplo 1 de la presente invención. La Figura 6 ilustra una evaluación del desplazamiento en la dirección Y. En el dibujo,  $V_{max}=0,49$  mm representa que la cantidad de retracción en una posición en la cual el desplazamiento en la dirección Y se vuelve un máximo fue 0,49mm.

Las Figura 7A y 7B son ejemplos del análisis de la superficie completa de la parte a la cual el componente del momento de flexión (esto es, el estrés desviador) y el componente del estrés en plano (esto es, el estrés promedio) con respecto a la cantidad de retracción con  $V_{max}=0,49$  mm en la Figura 6 son influenciados.

La Figura 7A ilustra la cantidad de retracción en cada área para la cual el cálculo es realizado con respecto a los datos de descomposición del componente del momento de flexión (esto es, estrés desviador) del Ejemplo 1 de la presente invención.

La Figura 7B ilustra la cantidad de retracción en cada área para la cual el cálculo es realizado con respecto a los datos de descomposición del componente del estrés en plan (esto es, estrés promedio) del Ejemplo 1 de la presente invención.

Como se ilustra en las Figura 7A y 7B, un área causa de la retracción con respecto al desplazamiento en la dirección Y ( $V_{max}$ ) en la posición de desplazamiento máximo en la dirección Y ilustrada en la Figura 6 fue separada en la influencia del componente del estrés en plano y la influencia del componente del momento de flexión de forma que grados de influencia de los mismos fueron especificados. En la Figura 7A que ilustra la influencia del estrés desviador, las cantidades de influencia de áreas representadas por A, B, C y D fueron +0,28 mm, -0,43 mm, +0,21 mm y +0,34 mm, respectivamente. En la Figura 7B que ilustra la influencia del estrés promedio, la cantidad de influencia de un área representada por E fue +0,10 mm. Como se ve en las Figura 7A y 7B, tanto el componente del estrés en plano como el componente del momento de flexión tienen influencia en la cantidad de retracción en la dirección Y.

Como se describe en el Ejemplo 1, según una realización de la presente invención, el área causa de la retracción puede ser analizada de manera cuantitativa. Además, puede ser fácil y precisamente analizado si la retracción es causada por el componente del estrés en plano o por el componente del estrés del momento de flexión a través de análisis numérico. El resultado del análisis fue presentado visualmente para que el área causa de la retracción pudiera ser especificada fácilmente. El análisis puede ser realizado en un ordenador sin requerir un molde real o una placa de acero. En consecuencia, el proceso de formación puede ser seleccionado fácilmente en la fase de diseño.

(Ejemplo 2: un Ejemplo en el cual solo  $\sigma_y$  del componente del estrés en plano fue establecido a 0)

En el Ejemplo 1 anteriormente descrito, todos los componentes del estrés de todos los puntos de integración de elementos pertenecientes a cada área fueron multiplicados por el coeficiente 0. Varios otros cálculos serán descritos a continuación. La Figura 8A ilustra una configuración de un producto formado a presión del Ejemplo 2. La Figura 8B ilustra áreas divididas del producto formado a presión ilustrado en la Figura 8A. En la Figura 8B, tres círculos pequeños representan puntos fijos. Los datos de descomposición individual que tienen solo el componente del estrés en plano fueron generados a partir de los datos originales y el estrés en plano fue analizado. Una cantidad de desplazamiento en la dirección del eje Z (esto es, una dirección perpendicular a la hoja de papel) representado por  $Z_a$  fue evaluada como la cantidad de retracción.

El producto formado a presión completo fue dividido en cinco áreas: área 801 hasta área 805. En el Ejemplo 2, solo  $\sigma_y$  que es considerado a tener la mayor influencia entre los componentes del estrés en plano en cada área como se muestra en la Tabla 1 fue multiplicada por 0. No se realizó cálculo a otros componentes del estrés (esto es, el coeficiente  $k=1$ ). El resultado del análisis de la retracción basado en el así obtenido cálculo del

5 estrés es mostrado en una parte más baja de la Tabla 1. La Tabla 1 muestra que la relación de influencia con la  $\sigma_y$  del área 804 establecida a 0 se vuelve el máximo. Esto es, en el Ejemplo 2, se muestra que los componentes del estrés en plano en la dirección del eje Y en las áreas 803 y 804 son causas principales de la ocurrencia de la cantidad de retracción en el desplazamiento a lo largo de la dirección Z en la sección Za causada por el estrés en plano. La cantidad de retracción en una parte final (Za) calculada en la base de los datos de descomposición individual que tienen solo el componente del estrés en plano fue 23,292 mm. Dado que la suma de las cantidades de influencia de las áreas mostradas en la Tabla 1 es 26,44 mm, se puede confirmar que la presente invención proporciona un análisis substancialmente preciso.

TABLA 1

CONDICIONES Y RESULTADOS DE ANÁLISIS EN EL EJEMPLO 2												
CONDICIONES DEL ANÁLISIS			COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO					PUNTO FIJO (BASE)				
ESTRÉS EN CADA ÁREA	ÁREA DE INTERÉS	OTRO DIFERENTE AL ÁREA DE INTERÉS	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$				
			1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0			
			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0			
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA RETRACCIÓN												
PUNTO EVALUADO	PUNTO Za	SUMA DE CANTIDADES DE INFLUENCIA	ÁREA 801	ÁREA 802	ÁREA 803	ÁREA 804	ÁREA 805	TOTAL				
NODO ESPECIFICADO (DESPLAZAMIENTO MÁXIMO) (mm)	26,76	26,44	0,06	2,01	11,34	14,14	-1,10	26,44				
			RELACIÓN DE INFLUENCIA (%)	0,21	7,51	42,37	52,84	-4,11	98,82			

(Ejemplo 3: un Ejemplo en el cual los puntos fijos fueron desplazados)

5 En el Ejemplo 3, un producto formado a presión ilustrado en la Figura 9A que tiene la misma configuración que la del Ejemplo 2 fue usado. En el Ejemplo 3, las posiciones del punto fijo ilustradas en la Figura 8B del Ejemplo 2 fueron desplazadas como se ilustra en la Figura 9B. Primero, como en el Ejemplo 1, todos los componentes del estrés de elementos pertenecientes a cada área fueron multiplicados por el coeficiente 0. El así obtenido resultado del análisis es mostrado en la Tabla 2. El desplazamiento de los puntos fijos puede permitir a un espectador determinar si el producto parece deformarse por su forma diseñada o porque está realmente deformado. Las posiciones de los puntos fijos son desplazadas en la fase final del cálculo, así, no es necesario rehacer el cálculo desde el principio.

TABLA 2

CONDICIONES Y RESULTADOS DE ANÁLISIS EN EL EJEMPLO 3									
CONDICIONES DEL ANÁLISIS			COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO				PUNTO FIJO (BASE)		
ESTRÉS EN CADA AREA	AREA DE INTERÉS	OTRO DIFERENTE AL AREA DE INTERÉS	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$	TOTAL
						0,0	0,0	0,0	
			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	125,52
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA RETRACCIÓN									
PUNTO EVALUADO	PUNTO Za	SUMA DE CANTIDADES DE INFLUENCIA	AREA 901	AREA 902	AREA 903	AREA 904	AREA 905		
NODO ESPECIFICADO (DESPLAZAMIENTO MAXIMO) (mm)	13,67	17,18	2,46	5,03	6,18	5,87	-2,38		
			RELACION DE INFLUENCIA (%)	18,01	36,80	45,18	42,91	-17,38	

(Ejemplo 4: un Ejemplo en el cual todos los componentes del estrés en plano fueron multiplicados por el coeficiente 0,5)

5 En el Ejemplo 4, el producto formado a presión de una configuración ilustrada en la Figura 8A fue analizado en la base de los datos de descomposición individual que solo tenía un componente del estrés en plano generado a partir de los datos originales. Primero, una cantidad de retracción fue evaluada con todos los componentes del estrés en plano de las áreas a ser analizadas siendo establecidos a 0. Como un resultado de la evaluación, la cantidad de retracción con todos los componentes del estrés en plano de, por ejemplo, el área 801 siendo establecida a 0 fue de 26,59 mm mientras que la cantidad de retracción de los datos de descomposición individual mostrados en la Tabla 3 eran de 26,76 mm. En consecuencia, la diferencia que era el grado de influencia era de 0,17 mm. La suma de las cantidades de influencia con respecto a la retracción de cada una de las áreas 801 a 805 fue 31,63 mm y el error fue 21,93%.

15 Entonces, al respecto del producto formado a presión de una configuración ilustrada en la Figura 8A, todos los componentes del estrés en plano fueron multiplicados por un coeficiente 0,5 como se muestra en la Tabla 4 y la cantidad de retracción fue evaluada. Como un resultado de la evaluación, la cantidad de retracción con todos los componentes del estrés en plano de, por ejemplo, el área 801 multiplicada por 0,5 fue de 27,07 mm mientras que la cantidad de retracción de los datos de descomposición individual fue de 26,76 mm. Aquí, el grado de influencia era de -0,63 que fue obtenido mediante la multiplicación de la diferencia, -0,32 mm, por el recíproco de  $(1-k)$ , esto es,  $1/(1-0,5) = 2,0$ . La suma de la cantidad del grado de influencia de las áreas 801 a 805 calculado de manera similar fue de 27,50 mm y el error fue reducido desde 21,93% a 2,78%. Se muestra que los componentes del estrés en plano en las áreas 803 y 804 son causas principales de ocurrencia de la cantidad de retracción en la parte final.

25 La precisión de la evaluación fue aumentada con un coeficiente de 0,5 al compararla con el caso con un coeficiente de 0. Esto es porque la relación entre el estrés y el desplazamiento no es realmente lineal. Si la relación entre el estrés y el desplazamiento fuera lineal, el cálculo podría haberse realizado con coeficiente 0, como un coeficiente a ser multiplicado con un componente del estrés de una cierta área. Sin embargo, la relación real entre el estrés y el desplazamiento es no lineal como se ilustra en la Figura 10. En consecuencia, un gradiente del estrés  $\sigma_0$  difiere de un gradiente del estrés editado  $\sigma$ , y el error se vuelve grande cuando la aproximación lineal es realizada. Cuando el coeficiente fue establecido a 0,5, sin embargo, el valor del estrés editado  $\sigma$  podría aproximarse el valor del estrés real.



TABLA 3

CONDICIONES (k=0) Y RESULTADOS DE ANÁLISIS EN EL EJEMPLO 4		CONDICIONES DEL ANÁLISIS										PUNTO FIJO (BASE)									
		COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO					COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO A SER EDITADO					COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO A SER EDITADO									
		ESTRÉS EN CADA AREA	AREA DE INTERÉS	OTRO DIFERENTE AL AREA DE INTERÉS	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$					
						0,0	0,0				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
						1,0	1,0				1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA RETRACCIÓN																					
PUNTO EVALUADO	PUNTO Za	SUMA DE CANTIDADES DE INFLUENCIA																			
NODO ESPECIFICADO (DESPLAZAMIENTO MÁXIMO) (mm)	26,76	32,63	CANTIDAD DE INFLUENCIA (mm)	0,17	AREA 801	AREA 802	AREA 803	AREA 804	AREA 805	TOTAL	32,63	RELACIÓN DE INFLUENCIA (%)	0,63	3,42	57,99	54,00	1,58	5,89	121,93	ERROR (%)	21,93

TABLA 4

CONDICIONES (k=0.5) Y RESULTADOS DE ANÁLISIS EN EL EJEMPLO 4		CONDICIONES DEL ANÁLISIS										PUNTO FIJO (BASE)				
CONDICIONES DEL ANÁLISIS	ESTRÉS EN CADA AREA	COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO										COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO A SER EDITADO				
		ÁREA DE INTERÉS OTRO DIFERENTE AL ÁREA DE INTERÉS	σx	σy	σz	τxy	τyz	τzx	σx	σy	σz	τxy	τyz	τzx		
			ÁREA DE INTERÉS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA RETRACCIÓN																
PUNTO EVALUADO	PUNTO Za	SUMA DE CANTIDADES DE INFLUENCIA	ÁREA 801	ÁREA 802	ÁREA 803	ÁREA 804	ÁREA 805	TOTAL								
NODO ESPECIFICADO (DESPLAZAMIENTO MÁXIMO) (mm)	26.76	27.50	DIFERENCIA (grados)	-0.32	-0.25	6.66	6.64	0.52								
			CANTIDAD DE INFLUENCIA (mm)	-0.63	0.50	13.31	13.28	1.04	27.50							
			RELACIÓN DE INFLUENCIA (%)	-2.37	1.88	49.76	49.63	3.88	102.78							
									ERROR (%)	2.78						

(Ejemplo 5: un Ejemplo en el cual todos los componentes del estrés del momento de flexión fueron multiplicados por el coeficiente 0,5)

5 En el Ejemplo 5, la influencia del componente del momento de flexión (esto es, el componente del estrés desviador) fue analizada con respecto al ángulo torsional sobre el eje X en una parte final del producto formado a presión ilustrado en la Figura 11A fue analizado. Primero, los datos de formación de descomposición individual que solo tenían el componen del momento de flexión fueron creados a partir de los datos originales. Los datos fueron divididos en cinco áreas: área 1101 a 1105 como se ilustra en la Figura 11B. El grado de influencia con respecto al ángulo torsional relativo de todos los componentes del momento de flexión en cada área fue evaluado. El ángulo torsional sobre el eje X  $\theta$  en el producto formado a presión del Ejemplo 5 es la suma de  $\theta_1$  y  $\theta_2$  ilustrados en la Figura 11C. El coeficiente k aquí fue 0. En esta evaluación, como se ilustra en la Tabla 5, la cantidad de retracción (esto es, la cantidad de torsión relativa) de los datos de formación de descomposición individual fue de 4,48 grados. La cantidad de retracción fue de 3,75 grados con el componente de fuerza del momento de, por ejemplo, el área 1101 establecido a cero. El grado de influencia fue de 0,74 grados que fue obtenido mediante la multiplicación de la diferencia 0,74 grados por el recíproco de (1-k), esto es,  $1/(1-0)=1$ . La así obtenida influencia total del ángulo torsional relativo desde el área 1101 al área 1105 fue de 4,19 grados y el error fue de -6,60%.

20 La evaluación fue hecha con el coeficiente k siendo 0,5 como se muestra en la Tabla 6. Como resultado de la evaluación, la cantidad de retracción obtenida mediante, por ejemplo, la multiplicación del componente del momento del área 1101 por 0,5 fue de 4,09 grados. El grado de influencia fue de -0,78 grados que fue obtenido mediante la multiplicación de -0,39 grados que es la diferencia de la cantidad de retracción de los datos de formación de descomposición individual 4,48 por el recíproco de (1-k), esto es,  $1/(1-0,5) = 2,0$ . La suma de las cantidades de influencia con respecto al ángulo torsional de cada área obtenida de manera similar fue de 4,40 grados y el error fue reducido desde -6,60% a -1,81%. El resultado en la Tabla 6 muestra que el área 1103 tiene la mayor influencia con respecto a la ocurrencia de la torsión.

25

TABLA 5

CONDICIONES (k=0) Y RESULTADOS DE ANÁLISIS EN EL EJEMPLO 5		CONDICIONES DEL ANÁLISIS					COMPONENTE DE ESTRÉS DESMADOR					PUNTO FIJO (BASE)				
		ESTRÉS EN CADA ÁREA		OTRO DIFERENTE AL ÁREA DE INTERÉS		$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$	COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO A SER EDITADO				
		ÁREA DE INTERÉS		ÁREA DE INTERÉS		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		ÁREA DE INTERÉS		ÁREA DE INTERÉS		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA RETRACCIÓN																
PUNTO EVALUADO	$\theta$	SUMA DE CANTIDADES DE INFLUENCIA		ÁREA 1101		ÁREA 1102		ÁREA 1103		ÁREA 1104		ÁREA 1105		TOTAL		
ÁNGULO TORSIONAL RELATIVO DE 4 NODOS (grados)	4,48	4,19		0,74		1,00		1,21		0,34		0,91		4,19		
		RELACIÓN DE INFLUENCIA (%)		16,41		22,21		26,99		7,48		20,30		93,40		
														ERROR (%)	-6,60	

TABLA 6

CONDICIONES DEL ANÁLISIS		COMPONENTE DE ESTRÉS DESVIADOR					PUNTO FIJO (BASE)				
CONDICIONES (k=0.5) Y RESULTADOS DE ANÁLISIS EN EL EJEMPLO 5		COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO A SER EDITADO					COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO A SER EDITADO				
		ESTRÉS EN CADA ÁREA		OTRO DIFERENTE AL ÁREA DE INTERÉS		$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$
		ÁREA DE INTERÉS	0.5	ÁREA DE INTERÉS	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		OTRO DIFERENTE AL ÁREA DE INTERÉS	1.0	OTRO DIFERENTE AL ÁREA DE INTERÉS	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA RETRACCIÓN											
PUNTO EVALUADO	$\theta$	SUMA DE CANTIDADES DE INFLUENCIA	ÁREA 1101	ÁREA 1102	ÁREA 1103	ÁREA 1104	ÁREA 1105	ÁREA 1106	ÁREA 1107	ÁREA 1108	TOTAL
ÁNGULO TORSIONAL RELATIVO DE 4 NODOS (grados)	4.48	4.04	0.39	0.50	0.62	0.18	0.51				
			DIFERENCIA(grados)	CANTIDAD DE INFLUENCIA*10.5grados	RELACIÓN DE INFLUENCIA (%)						
			17.40	22.30	27.68	7.90	22.90				98.19
											ERROR (%)
											-1.81

(Ejemplo 6: un Ejemplo en el cual los criterios de evaluación son cambiados)

5 En el Ejemplo 6, el producto formado a presión ilustrado en la Figura 12A que tiene la misma configuración que la del Ejemplo 2 fue analizado en la base de los datos de descomposición individual que solo tienen el componente del estrés en plano generado a partir de los datos originales. En el análisis, el valor promedio del desplazamiento de dos nodos (puntos N1 y N2) en una parte final fueron usados como criterios de evaluación. La cantidad de retracción fue calculada con respecto a los componentes del estrés en plano mediante el uso del coeficiente  $k=0$  y el valor promedio del desplazamiento de los dos nodos (los puntos N1 y N2) en la parte final ilustrada en la Figura 12A fueron evaluados. La Figura 12B ilustra las áreas divididas. El resultado del cálculo es mostrado en la Tabla 7.

10

TABLA 7

CONDICIONES Y RESULTADOS DE ANÁLISIS EN EL EJEMPLO 6										
CONDICIONES DEL ANÁLISIS			COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO				PUNTO FIJO (BASE)			
ESTABLECE ESTRÉS DE ÁREA A 0			COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO A SER EDITADO							
			$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$		
ESTRÉS EN CADA ÁREA	ÁREA DE INTERÉS		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	OTRO DIFERENTE AL ÁREA DE INTERÉS		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA RETRACCIÓN										
PUNTO EVALUADO	PARTE FINAL	SUMA DE CANTIDADES DE INFLUENCIA	ÁREA 1201	ÁREA 1202	ÁREA 1203	ÁREA 1204	ÁREA 1205	TOTAL		
VALOR PROMEDIO DE DESPLAZAMIENTO DE 2 NODOS (mm)	22,15	27,33	-1,30	-0,72	13,40	13,63	2,32	27,33		
			RELACIÓN DE INFLUENCIA (%)							
				-6,85	-3,24	61,53	10,48	123,39		

(Ejemplo 7: un Ejemplo en el cual los criterios de evaluación son cambiados)

5 En el Ejemplo 7, al respecto del producto formado a presión ilustrado en la Figura 13A, un desplazamiento relativo del desplazamiento de dos nodos (puntos N3 y N4) en una parte final de OLE\_LINK1 fue usado como un criterio de evaluación basado en los datos de descomposición individual que solo tiene el componente del estrés en plano generado a partir de los datos originales de OLE\_LINK1. La cantidad de retracción fue calculada con todos los componentes del estrés en plano siendo 0 y el desplazamiento relativo entre los dos nodos (los puntos N3 y N4) (esto es, diferencia entre los puntos N3 y N4) en la parte final ilustrada en la Figura 13A fue evaluado. La Figura 13B ilustra las áreas divididas. El resultado del cálculo es mostrado en la Tabla 8.





(Ejemplo 8: Un Ejemplo en el cual los criterios de evaluación son cambiados)

5 En el Ejemplo 8, al respecto del producto formado a presión ilustrado en la Figura 14A, la influencia del componente del momento de flexión (esto es, el componente del estrés desviador) fue analizada con respecto al desplazamiento relativo sobre el eje X en la base de los datos de descomposición individual que solo tenían el componente del estrés del momento generado a partir de los datos originales. Los puntos fijos fueron establecidos a una parte central del producto formado a presión como se ilustra en la Figura 14B. Entonces, como se ilustra en la Figura 14C, el desplazamiento en la dirección del eje Z fue calculada con respecto a los cuatro puntos Z1, Z2, Z3 y Z4 en los extremos y  $\Delta=(Z2-Z1)+(Z3-Z4)$  fue evaluado como desplazamiento relativo sobre el eje X en los cuatro nodos. El resultado del cálculo es mostrado en la Tabla 9. Como se describió  
10 anteriormente, varios criterios de evaluación pueden ser usados en la presente invención.

TABLA 9

CONDICIONES Y RESULTADOS DE ANÁLISIS EN EL EJEMPLO 8											
CONDICIONES DEL ANÁLISIS			COMPONENTE DE ESTRÉS DESVIADOR				PUNTO FIJO (BASE)				
ESTABLECE ESTRÉS DE ÁREA A 0			COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO A SER EDITADO								
			ESTRÉS EN CADA ÁREA	ÁREA DE INTERÉS	OTRO DIFERENTE AL ÁREA DE INTERÉS	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	$\tau_{xy}$	$\tau_{yz}$	$\tau_{zx}$
						0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
						1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA RETRACCIÓN											
PUNTO EVALUADO	△	SUMA DE CANTIDADES DE INFLUENCIA	ÁREA 1401	ÁREA 1402	ÁREA 1403	ÁREA 1404	ÁREA 1405	TOTAL			
DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE 4 NODOS (grados)	5,29	4,82	0,81	1,14	1,57	0,32	0,98	4,82			
			15,24	21,58	29,69	5,97	18,48	90,96			
			RELACIÓN DE INFLUENCIA (%)								

(Ejemplo 9: un ejemplo en el cual la evaluación se hizo con un sistema de coordenadas globales convertido a un sistema de coordenadas local)

5 En el Ejemplo 9, el análisis de la retracción fue realizado con respecto al producto formado a presión ilustrado en la Figura 15A. En el Ejemplo 9, la evaluación se hizo con un sistema de coordenadas global ilustrado en la Figura 16A convertido a un sistema de coordenadas local ilustrado en la Figura 17A. La Figura 16B es una vista de corte transversal tomada a lo largo de la línea F-F y la Figura 17B es una vista de corte transversal de la Figura 17A tomada a lo largo de la línea G-G. Solo  $\sigma_{y1}$  en el sistema de coordenadas local convertido a partir del sistema de coordenadas global en la base de los datos de descomposición individual que solo tienen el componente de estrés en plano generado a partir de los datos originales fue multiplicado por 0,5. No se  
10 realizaron cálculos a los otros componentes del estrés (esto es, el coeficiente  $K=1$ ). El máximo desplazamiento de una sección Za ilustrado en la Figura 15A fue usado como un criterio de evaluación. El resultado del análisis de la retracción realizado en la base del así obtenido estrés de operación es mostrado en la Tabla 10.

TABLA 10

CONDICIONES Y RESULTADOS DE ANÁLISIS EN EL EJEMPLO 9		CONDICIONES DEL ANÁLISIS										COMPONENTE DE ESTRÉS PROMEDIO					PUNTO FIJO (BASE)				
PUNTO EVALUADO	BASE PROMEDIO	SUMA DE CANTIDADES DE INFLUENCIA	ESTRÉS EN CADA ÁREA	ÁREA DE INTERÉS	OTRO DIFERENTE AL ÁREA DE INTERÉS	σ <sub>x</sub>	σ <sub>y</sub>	σ <sub>z</sub>	τ <sub>xy</sub>	τ <sub>yz</sub>	τ <sub>zx</sub>	σ <sub>x</sub>	σ <sub>y</sub>	σ <sub>z</sub>	τ <sub>xy</sub>	τ <sub>yz</sub>	τ <sub>zx</sub>	TOTAL			
						RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA RETRACCIÓN															
NODO ESPECIFICADO (DESPLAZAMIENTO MÁXIMO) * DESPLAZAMIENTO EN DIRECCIÓN Z (SISTEMA DE COORDENADAS GLOBAL) (mm)	26.76	27.90				1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	27.90			
						ÁREA 1501	ÁREA 1502	ÁREA 1503	ÁREA 1504	ÁREA 1505	ÁREA 1506	ÁREA 1501	ÁREA 1502	ÁREA 1503	ÁREA 1504	ÁREA 1505	ÁREA 1506	ERROR (%)			
			DIFERENCIA (grados)			-0.32	0.26	6.75	6.74	0.53		-0.32	0.26	6.75	6.74	0.53					
			CANTIDAD DE INFLUENCIA*1/0.5grados			-0.64	0.51	13.51	13.51	1.05		-0.64	0.51	13.51	13.51	1.05		27.90			
			RELACION DE INFLUENCIA (%)			-2.41	1.91	50.48	50.35	3.94		-2.41	1.91	50.48	50.35	3.94		104.27			
																		427			

Aplicabilidad industrial

Según una realización de la presente invención, la causa de la retracción puede ser analizada de manera precisa y el tiempo necesario para determinar un proceso de formación para un producto formado puede reducirse.

5

Explicaciones para los símbolos de referencia

1: Dispositivo de análisis de la retracción

2: Sección de entrada de condición de formación

3: Sección de análisis de formación de presión

10 4: Sección de generación de datos de formación de descomposición

5: Sección de división de área y cálculo

6: Sección de análisis de la retracción

7: Sección de cálculo del grado de influencia

8: Sección de presentación

15 9: sección de cambio de la condición de fijado

10: Programa

11: CPU

12: Memoria

13: Dispositivo de presentación

20 14: Dispositivo de entrada

15: Disco duro

16: Dispositivo de almacenamiento externo

17: NIC (Tarjeta de Interfaz de Red)

18: Impresora

25 S: Sección de almacenamiento

## REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para analizar una causa de la retracción en un producto formado que es formado a presión a partir de una placa de acero o una placa de otro metal, que comprende:

5 realizar un análisis de la formación a través de una simulación numérica mediante un método del elemento finito mediante el uso de múltiples elementos basados en una condición de formación de un producto basado de manera plástica para calcular los datos de formación del producto formado, donde la condición de formación incluye datos relativos a la configuración y naturaleza del producto formado de manera plástica, una configuración de un molde y condiciones de presión, y donde los datos de formación incluyen datos de estrés y variables, tales como grosor de la placa de una pieza de trabajo, valores de componentes del estrés y valores de componentes de tensión o una distribución de estas variables;

10 descomponer, una superficie completa del producto formado, datos del estrés incluidos en los datos de formación del producto formado en un componente del estrés en plano y un componente del momento de flexión con respecto a al menos un componente direccional de componentes direccionales del estrés;

15 generar, a partir de los datos de formación del producto formado, datos de descomposición que incluyen al menos uno de unos primeros datos de descomposición y unos segundos datos de descomposición como unos datos de descomposición previos al cálculo, los primeros datos de descomposición que tienen solo un componente del estrés en plano al respecto del estrés del componente direccional, los segundos datos de descomposición que tienen solo un componente del momento de flexión al respecto de un estrés del componente direccional;

20 realizar un cálculo de multiplicación de al menos un componente direccional de los componentes direccionales del estrés en los datos de formación de descomposición previos al cálculo al respecto de cada una de las áreas divididas del producto formado por un coeficiente  $k$  en el intervalo de  $-2 \leq k \leq 2$ , para generar unos datos de formación de descomposición posteriores al cálculo;

25 analizar una primera configuración de la retracción obtenida como datos de análisis del elemento finito a través de simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición previos al cálculo y una segunda configuración de la retracción obtenida como datos del análisis del elemento finito a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición posteriores al cálculo;

30 obtener un grado de influencia de un estrés en cada una de las áreas con respecto a una deformación de la retracción, calculada mediante la multiplicación por un recíproco de  $1 -$  el coeficiente  $k$ , donde la diferencia es una diferencia entre

35 - una cantidad de retracción que es una diferencia entre una configuración de la retracción previa del producto formado incluido en los datos de formación y la primera configuración de la retracción, y

- una cantidad de retracción que es una diferencia entre una configuración de la retracción previa y la segunda configuración de la retracción; y

presentar el grado de influencia con respecto a la deformación de la retracción calculada para cada área.

2. El método de analizar una causa de retracción según la reivindicación 1, donde:

45 la realización del análisis de formación ejecutado a través de simulación numérica por el método del elemento finito mediante el uso de múltiples elementos;

un estrés promedio en una dirección de grosor de la placa de cada componente direccional para cada elemento en los datos de formación del producto formado es usado como el componente del estrés en plano del componente direccional; y

50 un valor obtenido mediante la substracción del promedio del estrés en plano de cada uno de los componentes direccionales del valor del estrés para todos los puntos de integración que surjan para cada elemento es usado como el componente del momento de flexión del componente direccional.

3. El método de analizar una causa de la retracción según la reivindicación 1, donde el intervalo del coeficiente  $k$  es  $-0 \leq k \leq 1$ .

55 4. El método de analizar una causa de la retracción según la reivindicación 1, donde el intervalo del coeficiente  $k$  es  $-0,5 \leq k \leq 0,95$ .

60 5. El método de analizar una casusa de la retracción según la reivindicación 1, donde el producto formado es un producto formado a presión.

6. Un dispositivo para analizar una causa de la retracción en un producto formado que es formado a presión a partir de una placa de acero o una placa de otro metal, que comprende:

65 medios de análisis de la formación que realizan un análisis de formación a través de una simulación numérica mediante un método del elemento finito mediante el uso de múltiples elementos basados en una condición de formación de un producto basado de manera plástica para calcular los datos de formación del producto

- formado, donde la condición de formación incluye datos relativos a la configuración y naturaleza del producto formado de manera plástica, una configuración de un molde y condiciones de presión, y donde los datos de formación incluyen datos de estrés y variables, tales como grosor de la placa de una pieza de trabajo, valores de componentes del estrés y valores de componentes de tensión o una distribución de estas variables;
- 5 medios de descomposición que descomponen, en una superficie completa del producto formado, datos del estrés incluidos en los datos de formación del producto formado en un componente del estrés en plano y un componente del momento de flexión con respecto a al menos un componente direccional de componentes direccionales del estrés;
- 10 medios de generación de datos de formación de descomposición del cálculo previo que generan, a partir de los datos de formación del producto formado, datos de descomposición que incluyen al menos uno de unos primeros datos de descomposición y unos segundos datos de descomposición como unos datos de descomposición previos al cálculo, los primeros datos de descomposición que tienen solo un componente del estrés en plano al respecto del estrés del componente direccional, los segundos datos de descomposición que tienen solo un componente del momento de flexión al respecto de un estrés del componente direccional;
- 15 medios de cálculo que realizan un cálculo de multiplicación de al menos un componente direccional de los componentes direccionales del estrés en los datos de formación de descomposición previos al cálculo al respecto de cada una de las áreas divididas del producto formado por un coeficiente  $k$  en el intervalo de  $-2 \leq k \leq 2$ , para generar unos datos de formación de descomposición posteriores al cálculo;
- 20 medios de análisis de la retracción que analizan una primera configuración de la retracción obtenida como datos de análisis del elemento finito a través de simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición previos al cálculo y una segunda configuración de la retracción obtenida como datos del análisis del elemento finito a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición posteriores al cálculo;
- 25 medios de obtención de influencia que obtienen un grado de influencia de un estrés en cada una de las áreas con respecto a una deformación de la retracción, calculada mediante la multiplicación por un recíproco de  $1 -$  el coeficiente  $k$ , donde la diferencia es una diferencia entre
- una cantidad de retracción que es una diferencia entre una configuración de la retracción previa del producto formado incluido en los datos de formación y la primera configuración de la retracción, y
  - una cantidad de retracción que es una diferencia entre una configuración de la retracción previa y la segunda configuración de la retracción; y
- 30 un medio de presentación que presenta el grado de influencia con respecto a la deformación de la retracción calculada para cada área.
- 35 7. El dispositivo de análisis de la causa de retracción según la reivindicación 6, donde los medios de presentación presentan el grado de influencia con respecto a la deformación de la retracción calculada para cada una de las áreas como una presentación de contorno.
- 40 8. Un programa para analizar una causa de la retracción en un producto formado que es formado a presión a partir de una placa de acero o una placa de otro metal, que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador, causan que el ordenador realice los siguientes pasos:
- 45 realizar un análisis de la formación a través de una simulación numérica mediante un método del elemento finito mediante el uso de múltiples elementos basados en una condición de formación de un producto basado de manera plástica para calcular los datos de formación del producto formado, donde la condición de formación incluye datos relativos a la configuración y naturaleza del producto formado de manera plástica, una configuración de un molde y condiciones de presión, y donde los datos de formación incluyen datos de estrés y variables, tales como grosor de la placa de una pieza de trabajo, valores de componentes del estrés y valores de componentes de tensión o una distribución de estas variables;
- 50 descomponer, una superficie completa del producto formado, datos del estrés incluidos en los datos de formación del producto formado en un componente del estrés en plano y un componente del momento de flexión con respecto a al menos un componente direccional de componentes direccionales del estrés;
- 55 generar, a partir de los datos de formación del producto formado, datos de descomposición que incluyen al menos uno de unos primeros datos de descomposición y unos segundos datos de descomposición como unos datos de descomposición previos al cálculo, los primeros datos de descomposición que tienen solo un componente del estrés en plano al respecto del estrés del componente direccional, los segundos datos de descomposición que tienen solo un componente del momento de flexión al respecto de un estrés del componente direccional;
- 60 realizar un cálculo de multiplicación de al menos un componente direccional de los componentes direccionales del estrés en los datos de formación de descomposición previos al cálculo al respecto de cada una de las áreas divididas del producto formado por un coeficiente  $k$  en el intervalo de  $-2 \leq k \leq 2$ , para generar unos datos de formación de descomposición posteriores al cálculo;
- 65 analizar una primera configuración de la retracción obtenida como datos de análisis del elemento finito a través de simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición previos al cálculo y una segunda configuración de la retracción obtenida como datos del análisis del elemento finito a través de una simulación numérica con respecto a los datos de formación de descomposición posteriores al cálculo;



obtener un grado de influencia de un estrés en cada una de las áreas con respecto a una deformación de la retracción, calculada mediante la multiplicación por un recíproco de  $1 - k$ , donde la diferencia es una diferencia entre

- 5                   - una cantidad de retracción que es una diferencia entre una configuración de la retracción previa del producto formado incluido en los datos de formación y la primera configuración de la retracción, y  
                    - una cantidad de retracción que es una diferencia entre una configuración de la retracción previa y la segunda configuración de la retracción; y  
10                  presentar el grado de influencia con respecto a la deformación de la retracción calculada para cada área.

9. Un programa según la reivindicación 8, donde:

- 15                  la realización del análisis es ejecutada a través de simulación numérica por un método del elemento finito mediante el uso de múltiples elementos;  
                    un estrés promedio en una dirección del grosor de la placa de cada componente direccional para cada elemento en los datos de formación del producto formado es usado como un componente del estrés en plano o del componente direccional; y  
20                  un valor obtenido mediante la substracción del promedio del estrés en plano de cada uno de los componentes direccionales del valor del estrés para todos los puntos de integración para cada elemento es usado como un componente del momento de flexión del componente direccional.

10. Un soporte de registro legible por un ordenador en el cual el programa para analizar la causa de la retracción según la reivindicación 8 es grabado.

25

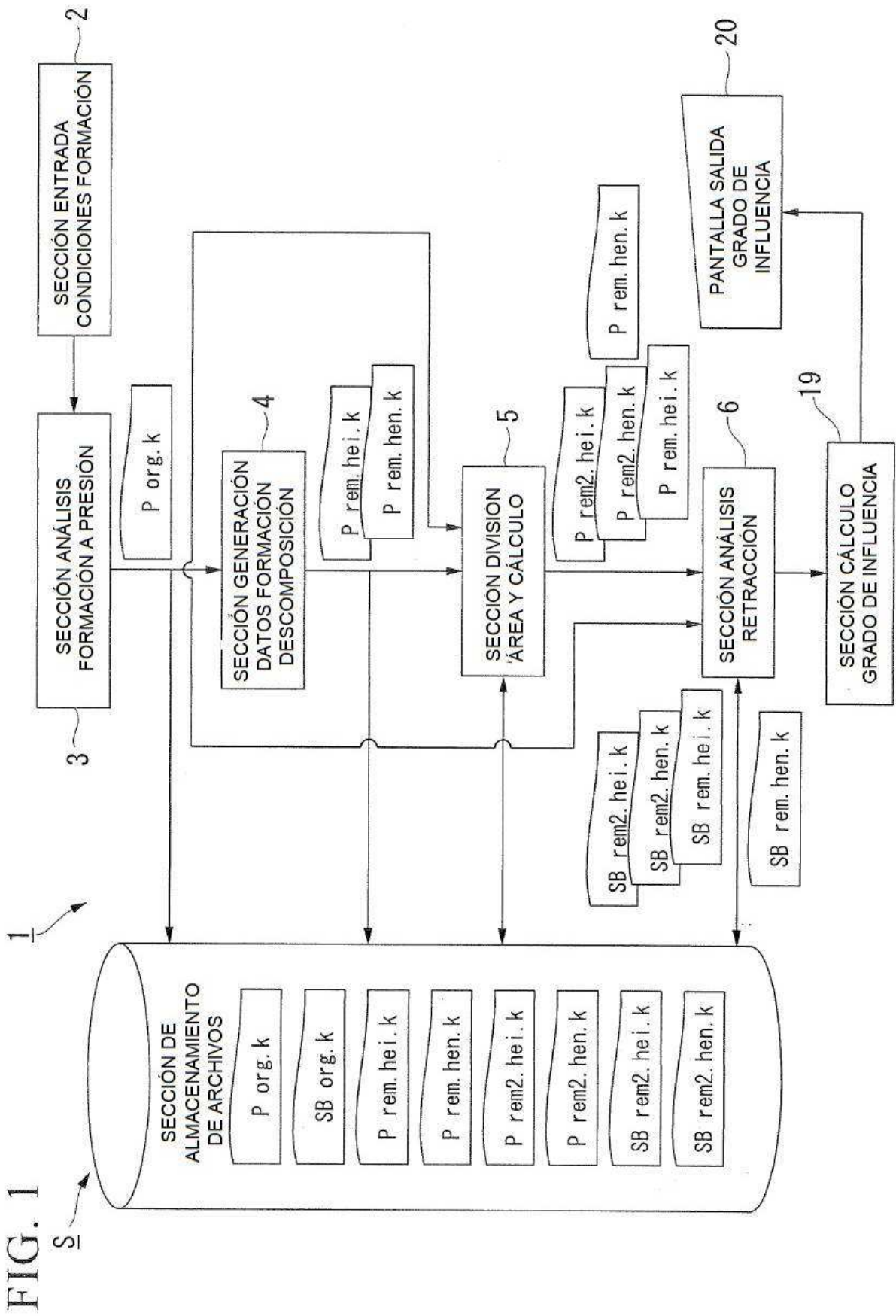


FIG. 2

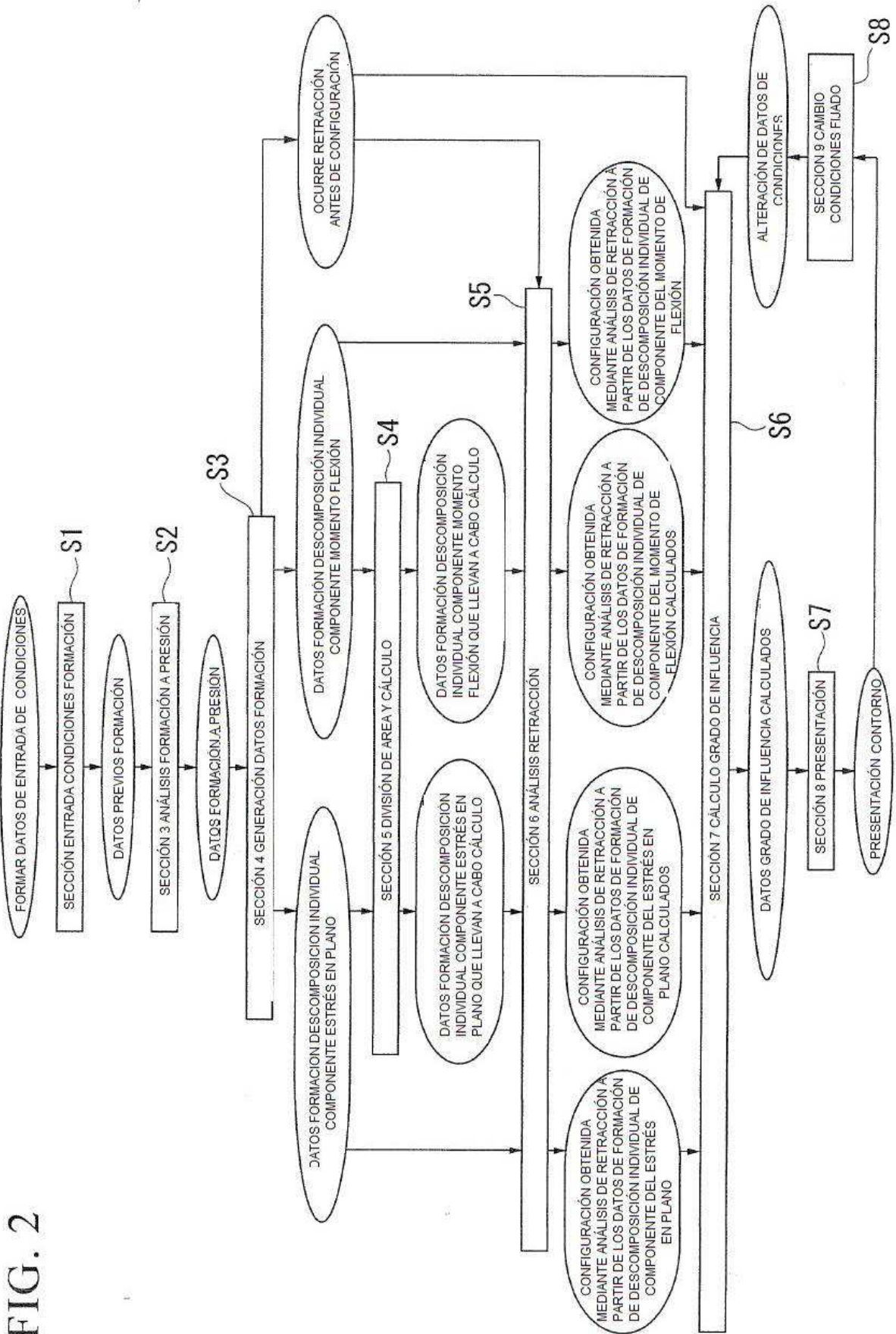


FIG. 3

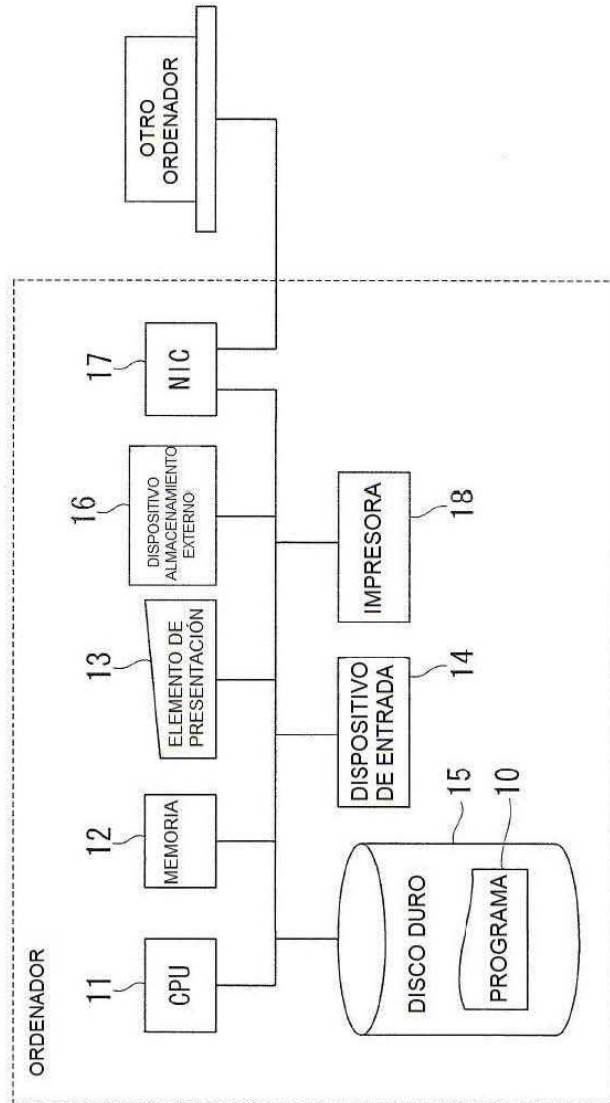


FIG. 4

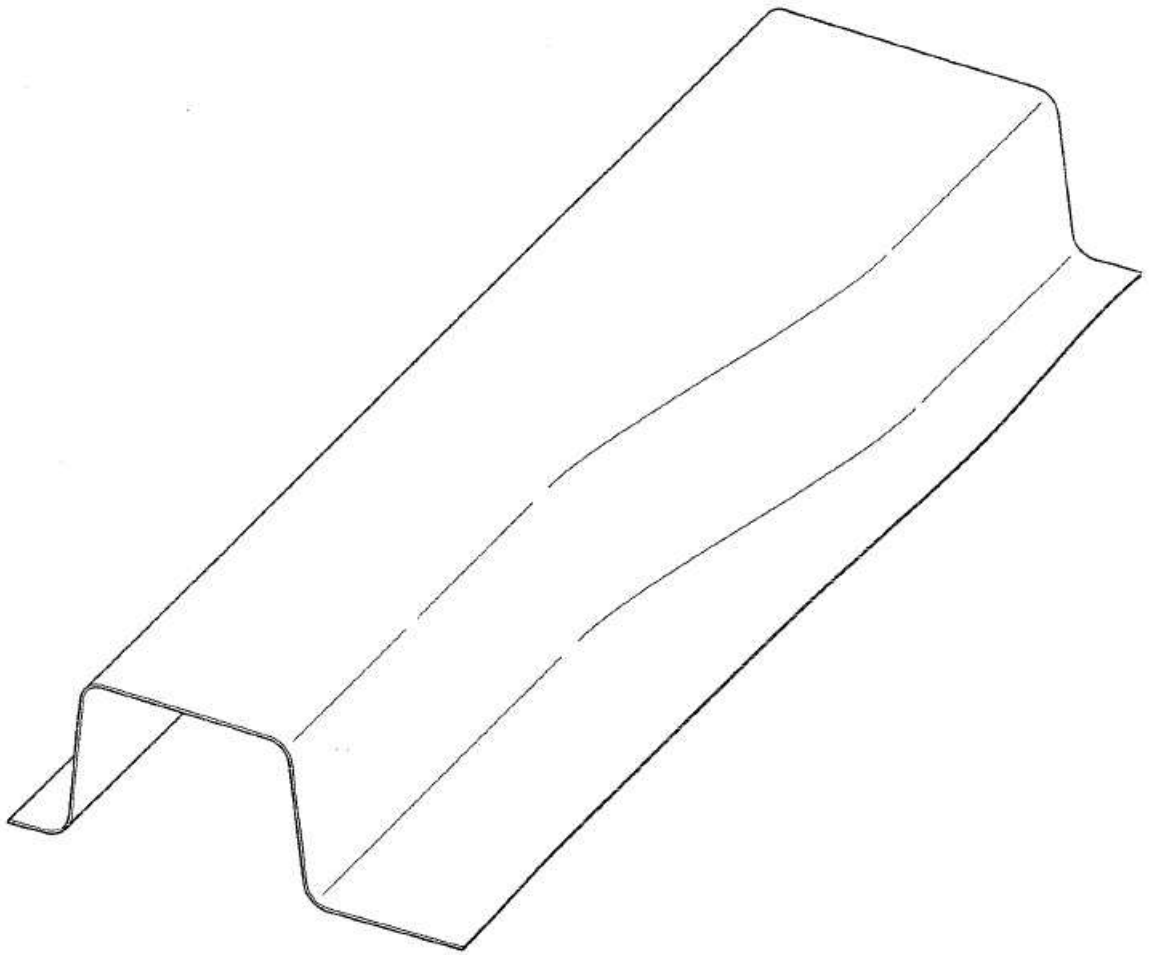


FIG. 5

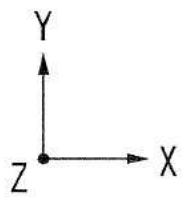
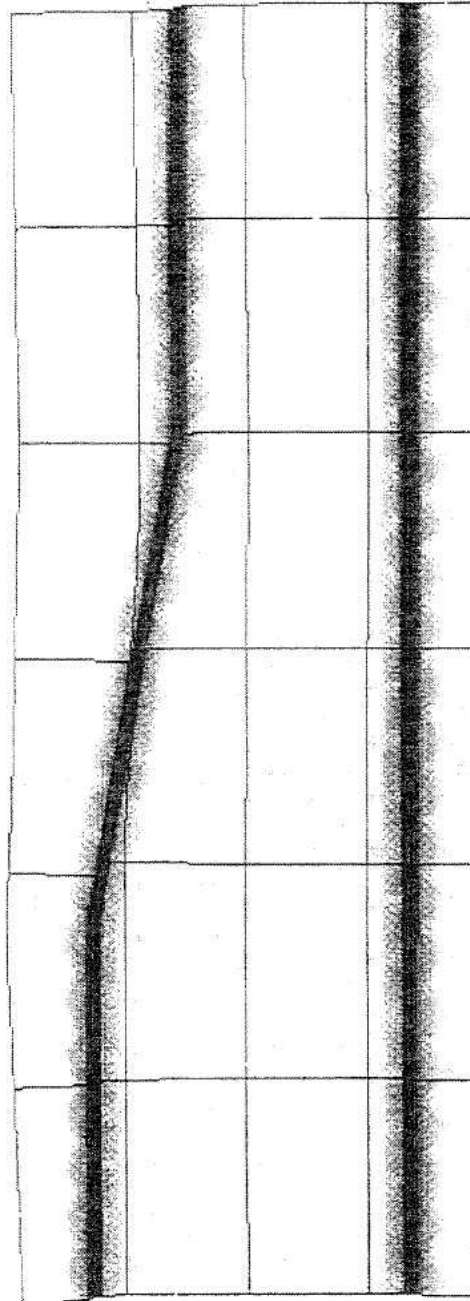


FIG. 6

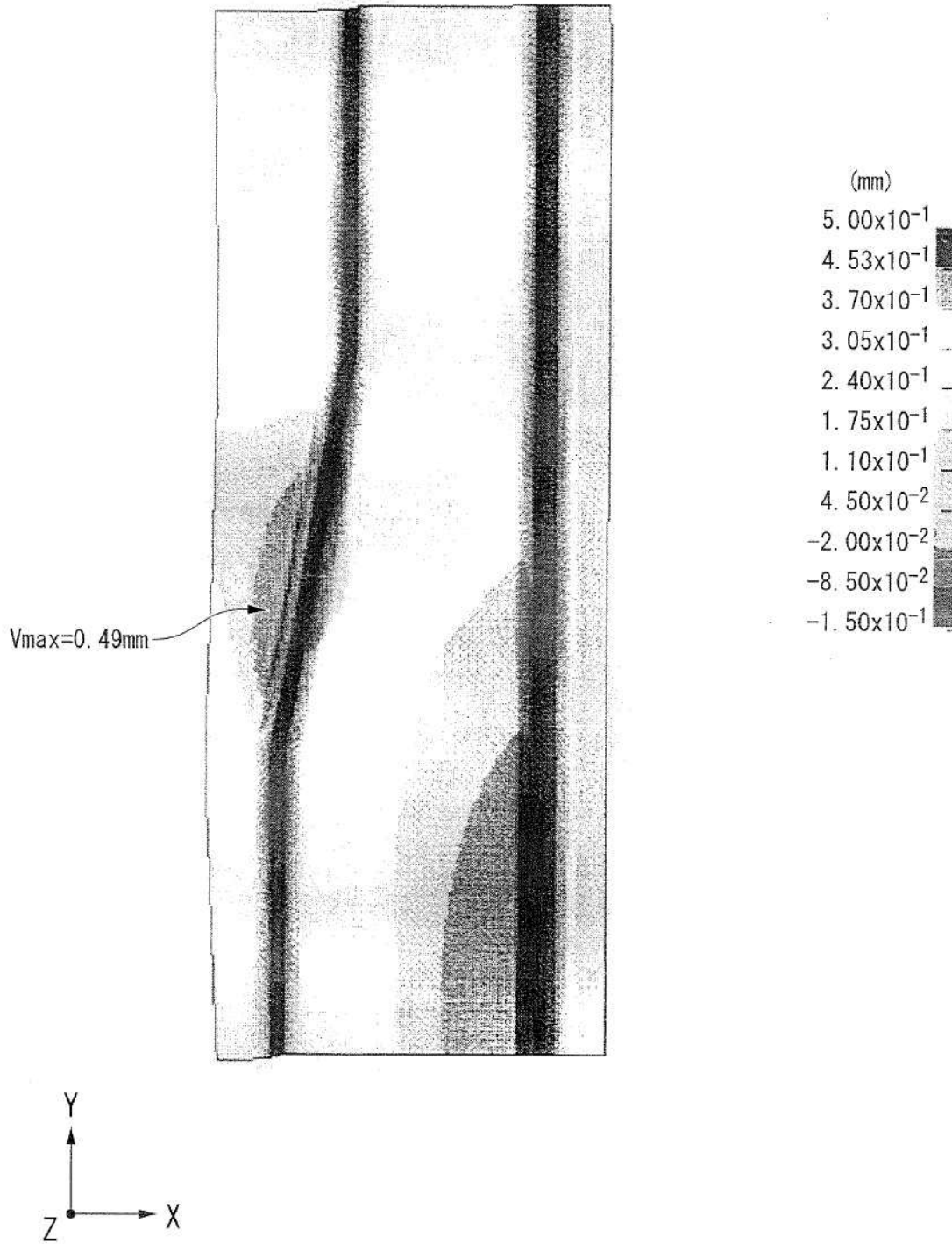


FIG. 7A

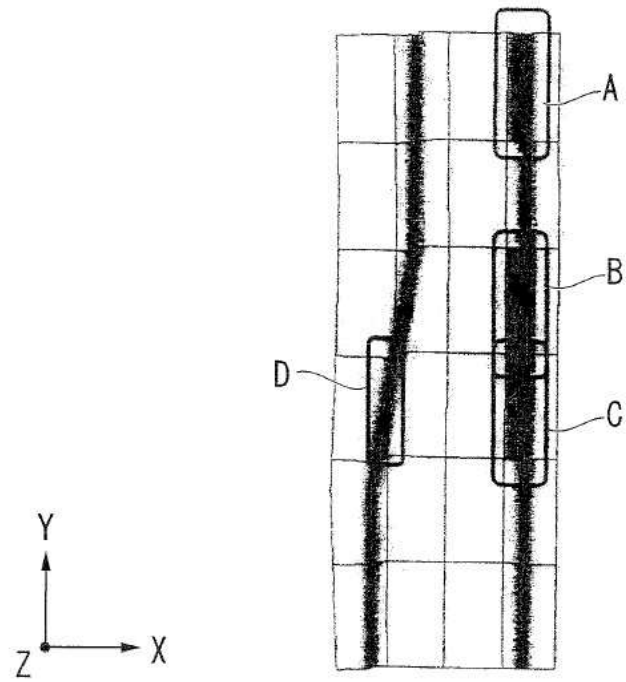


FIG. 7B

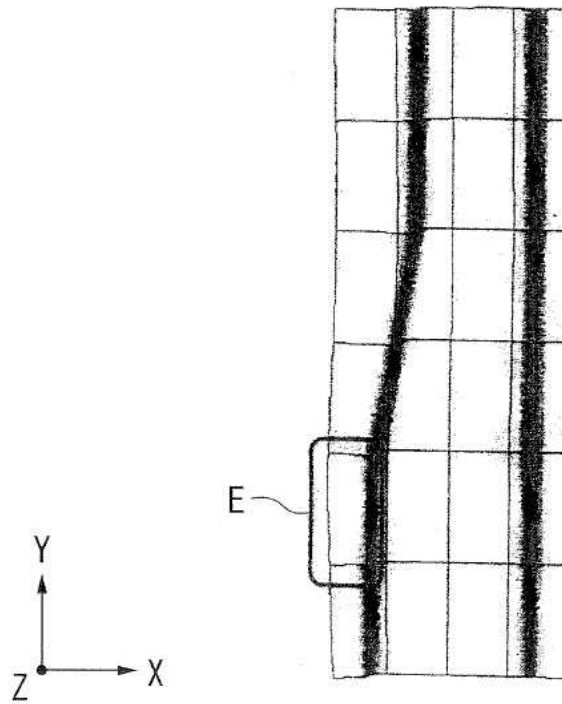




FIG. 8A

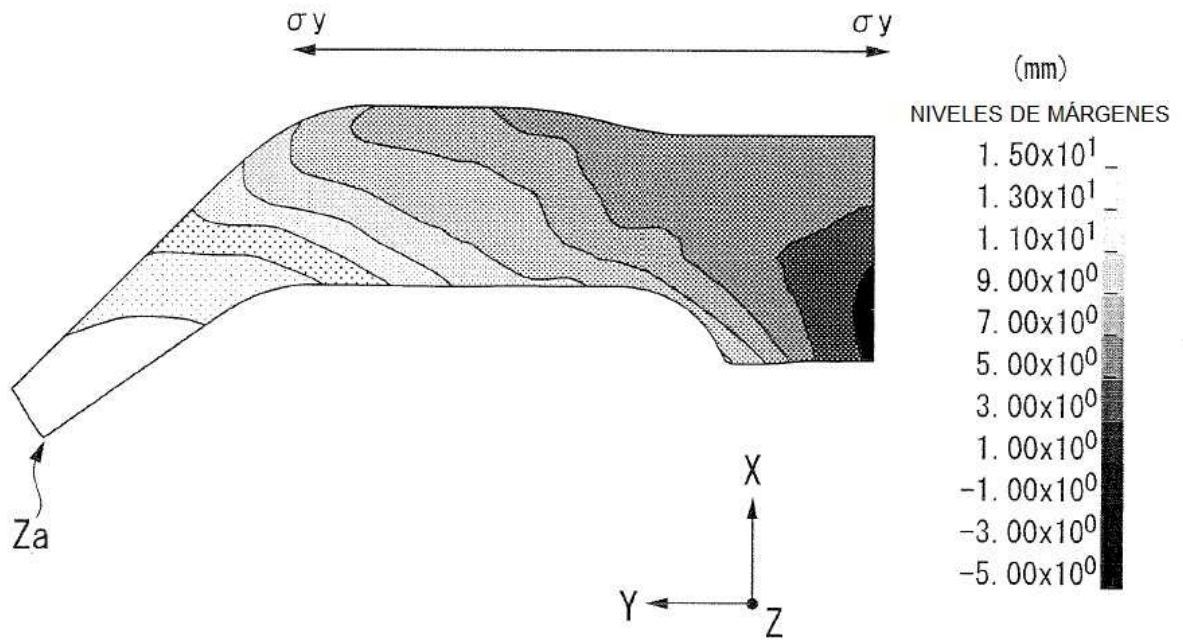


FIG. 8B

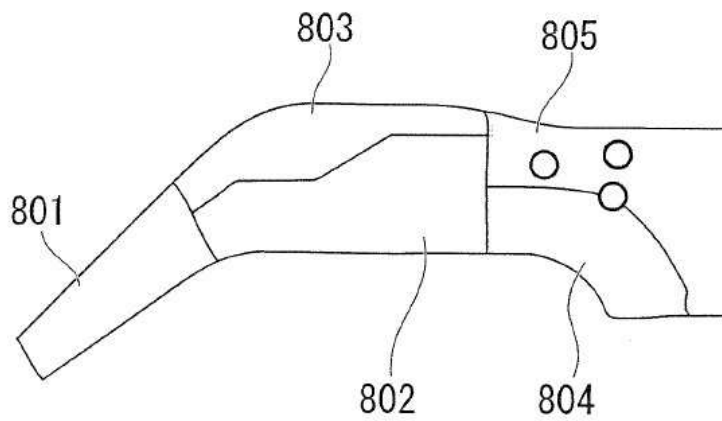


FIG. 9A

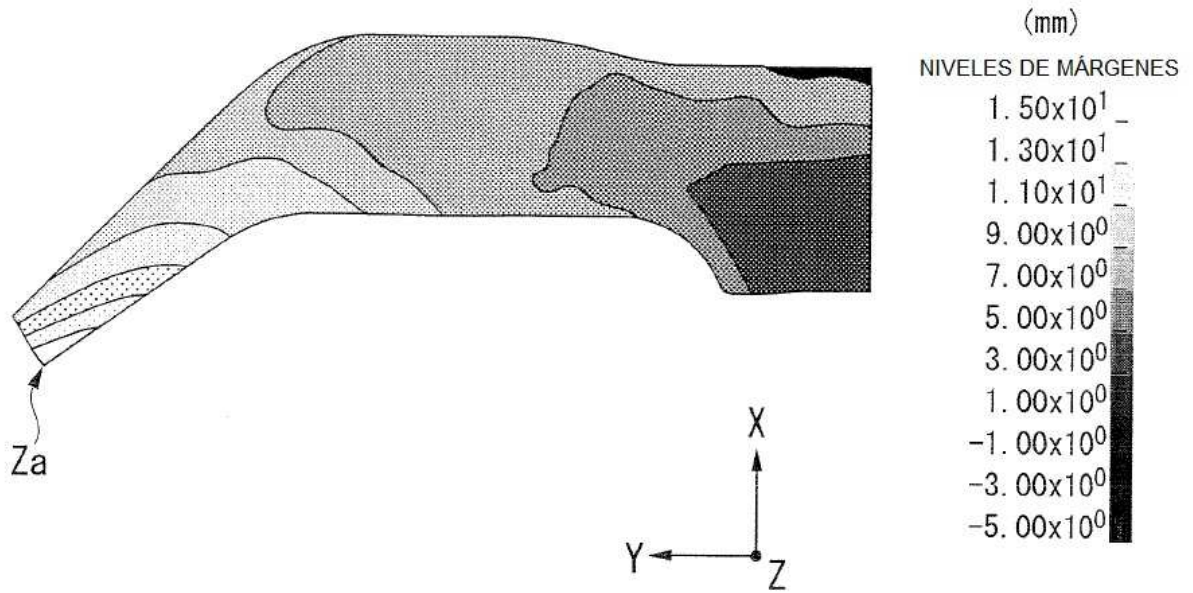


FIG. 9B

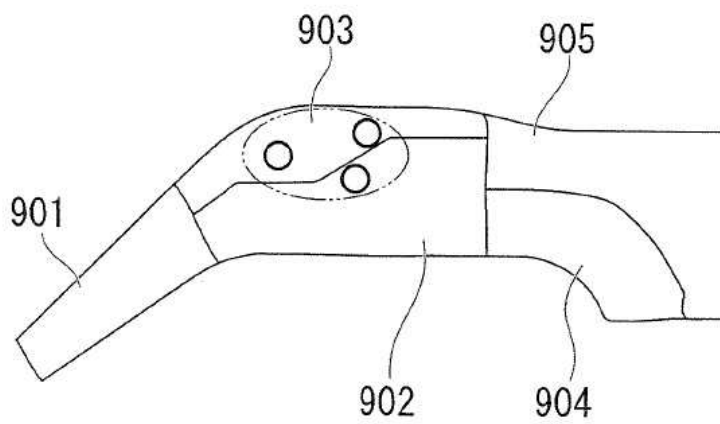


FIG. 10

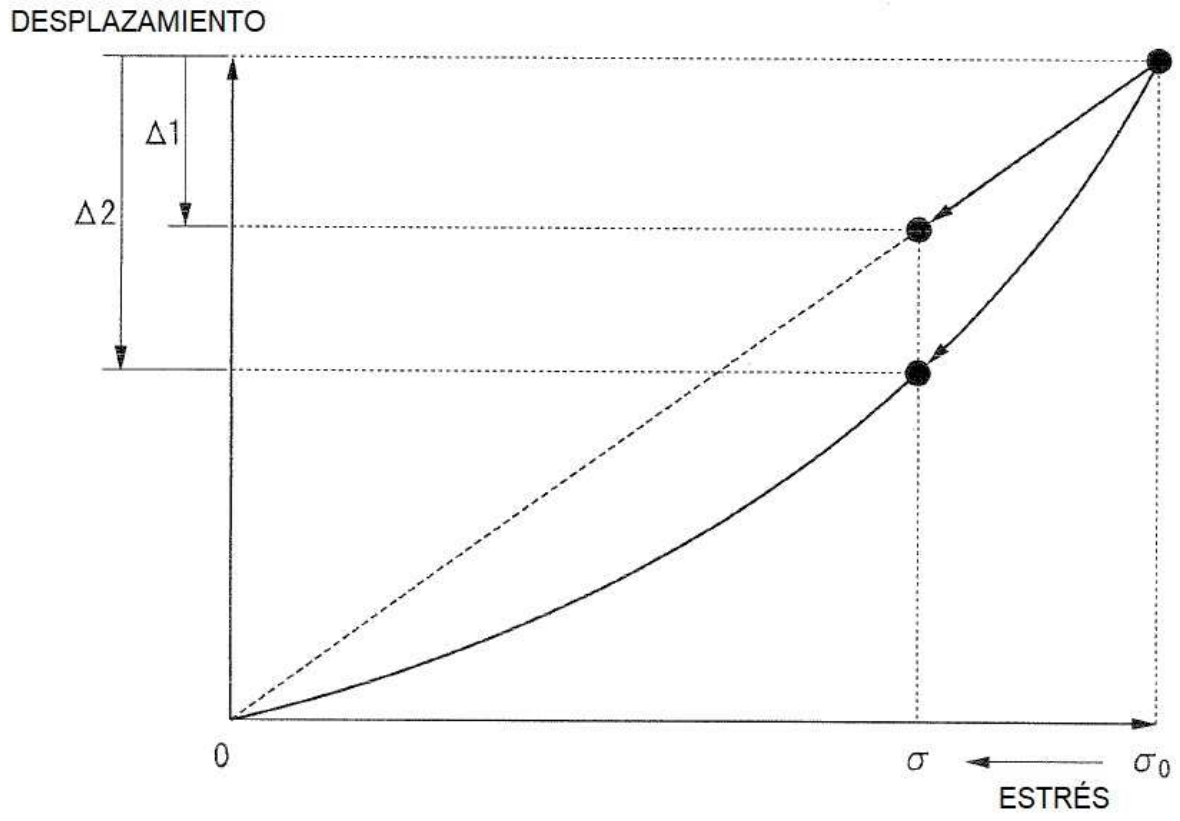


FIG. 11A

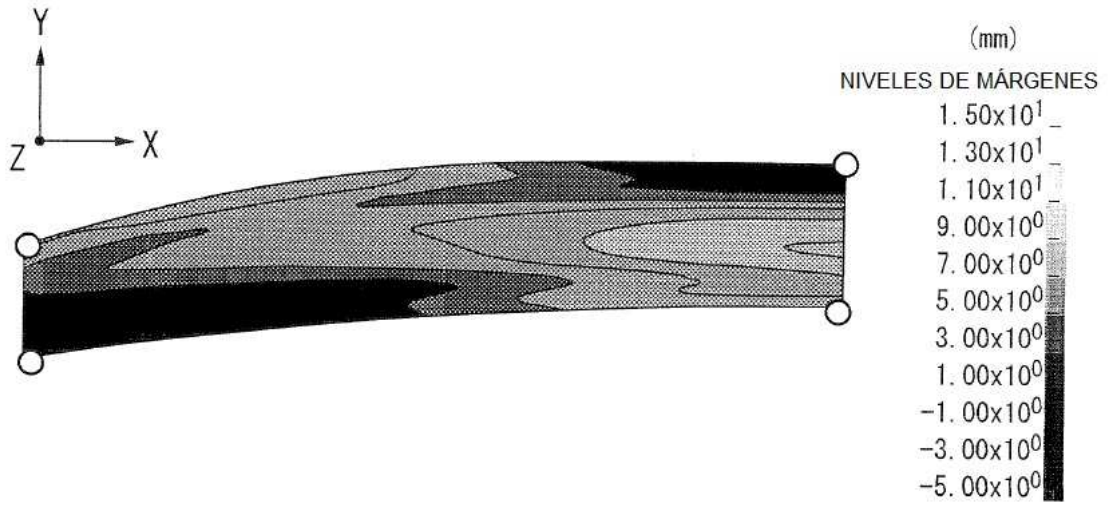


FIG. 11B

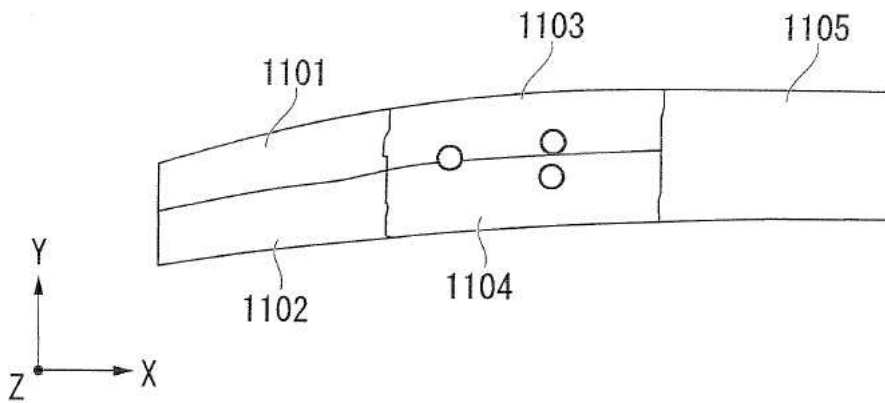


FIG. 11C

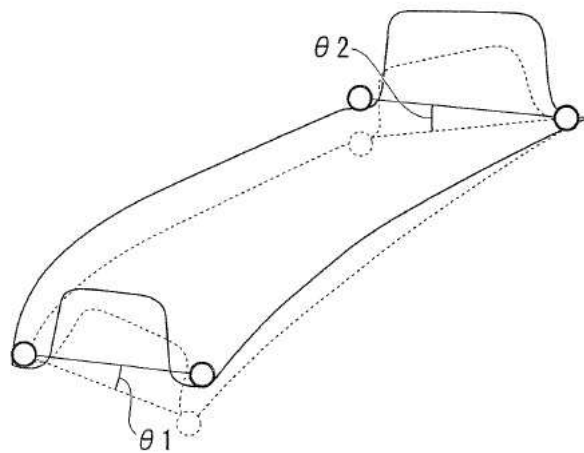


FIG. 12A

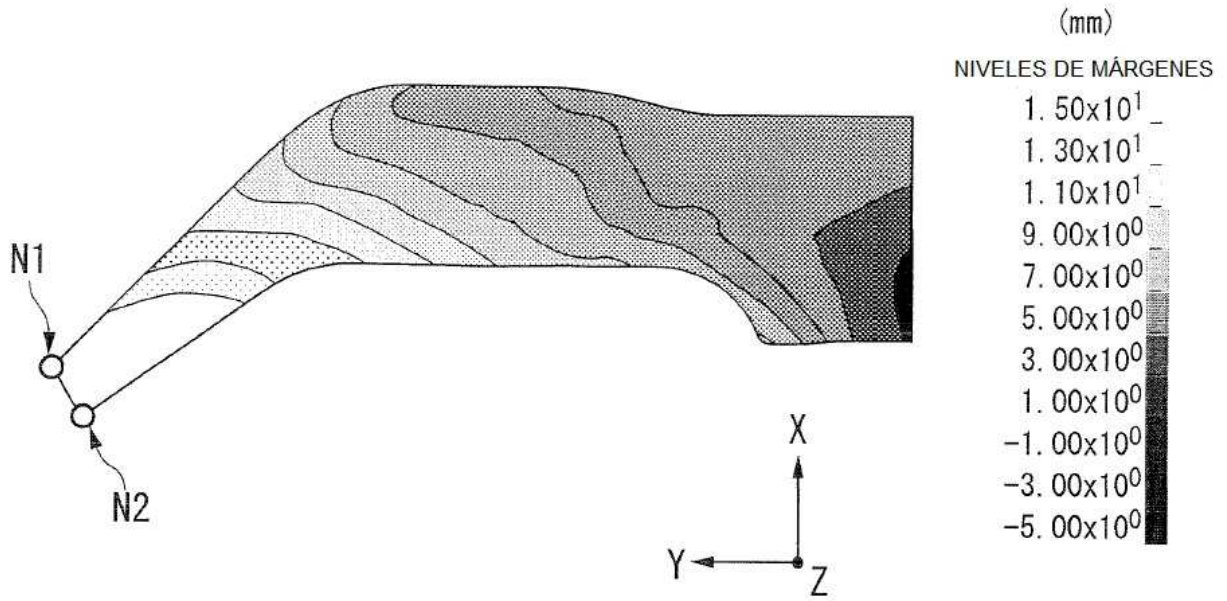


FIG. 12B

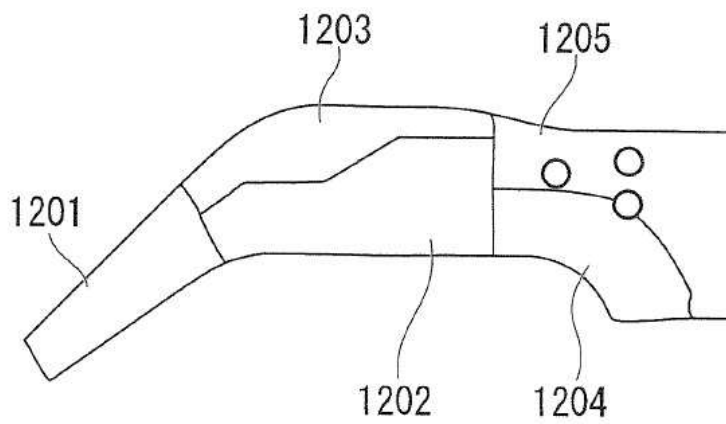


FIG. 13A

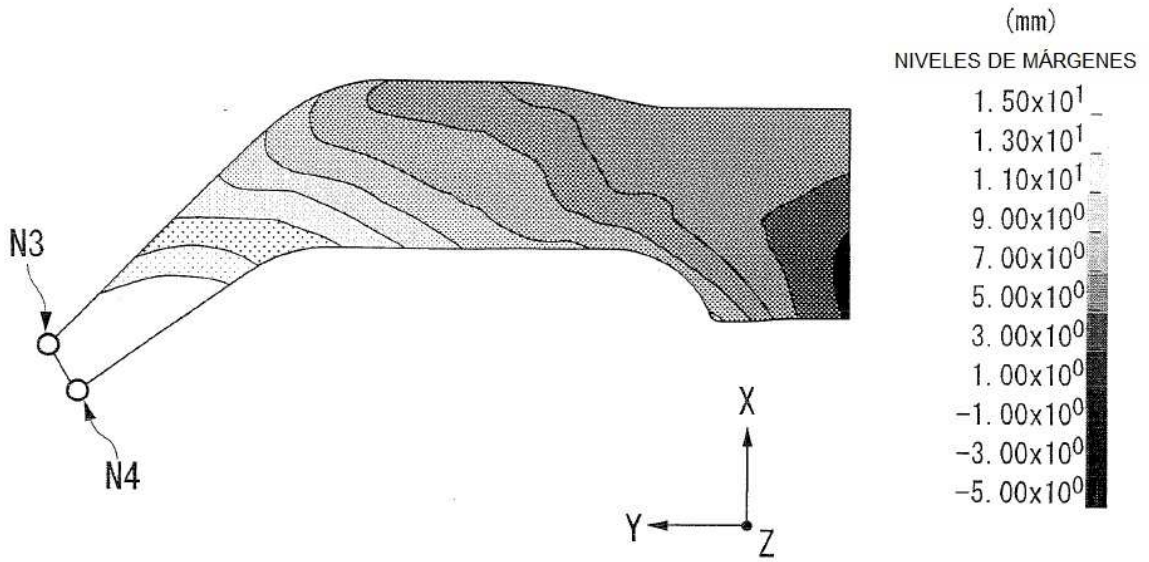


FIG. 13B

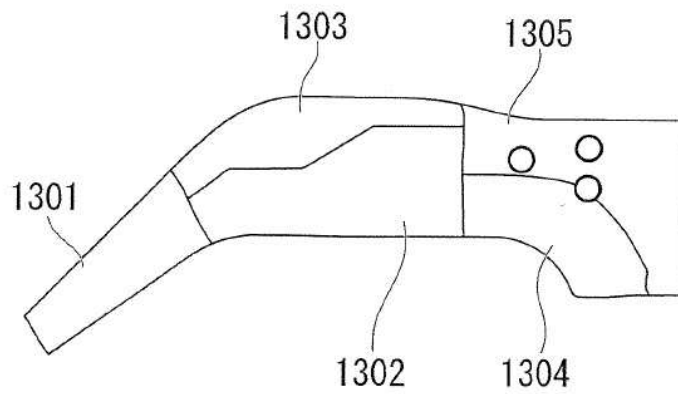




FIG. 14A

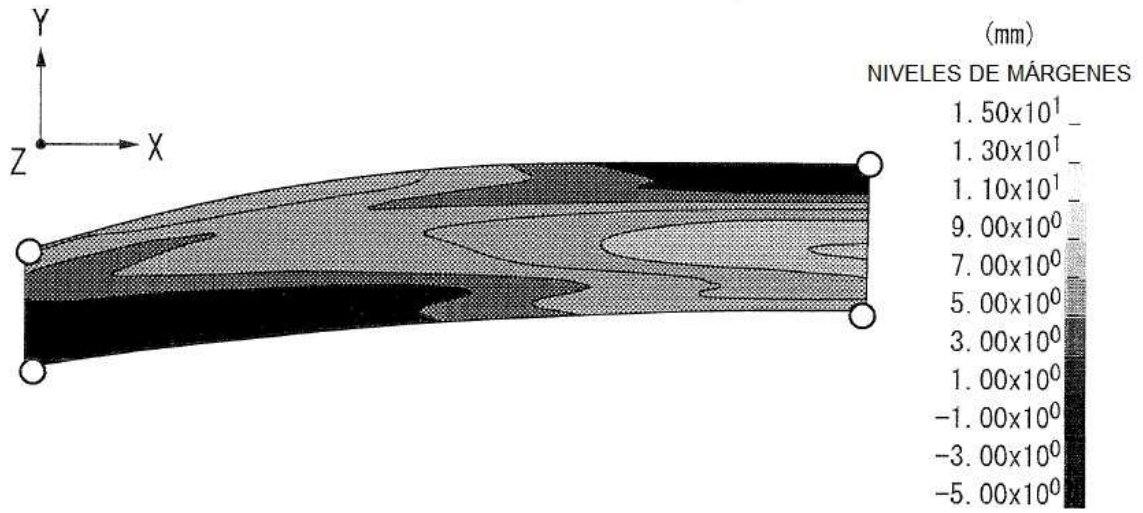


FIG. 14B

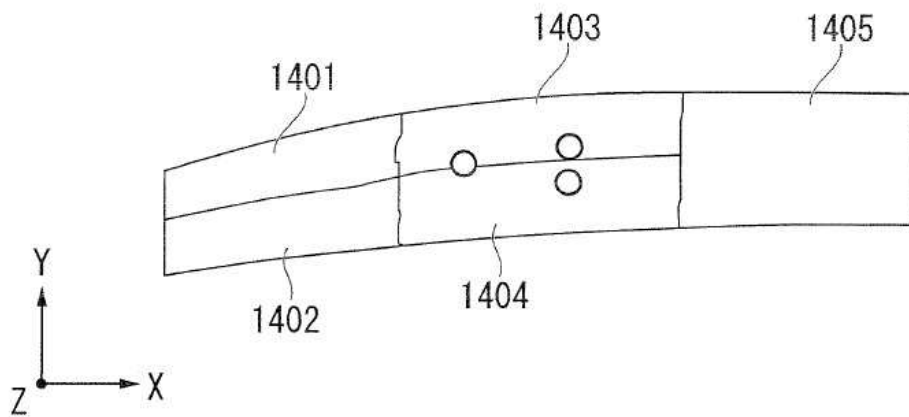


FIG. 14C

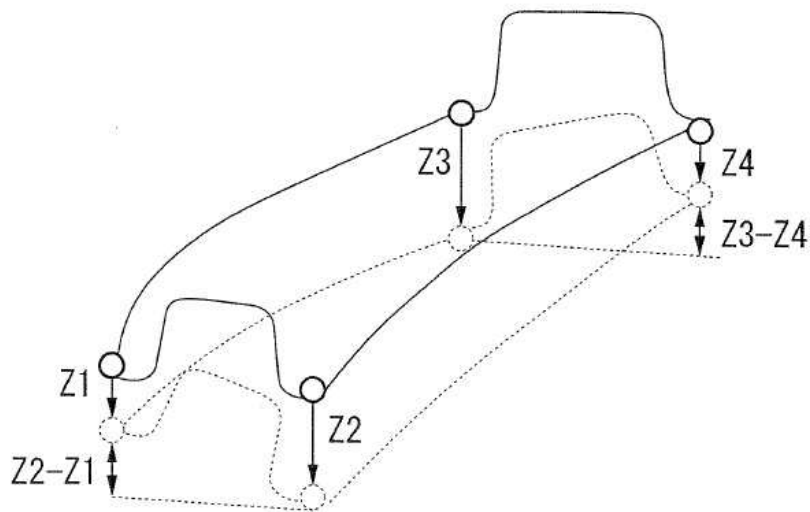


FIG. 15A

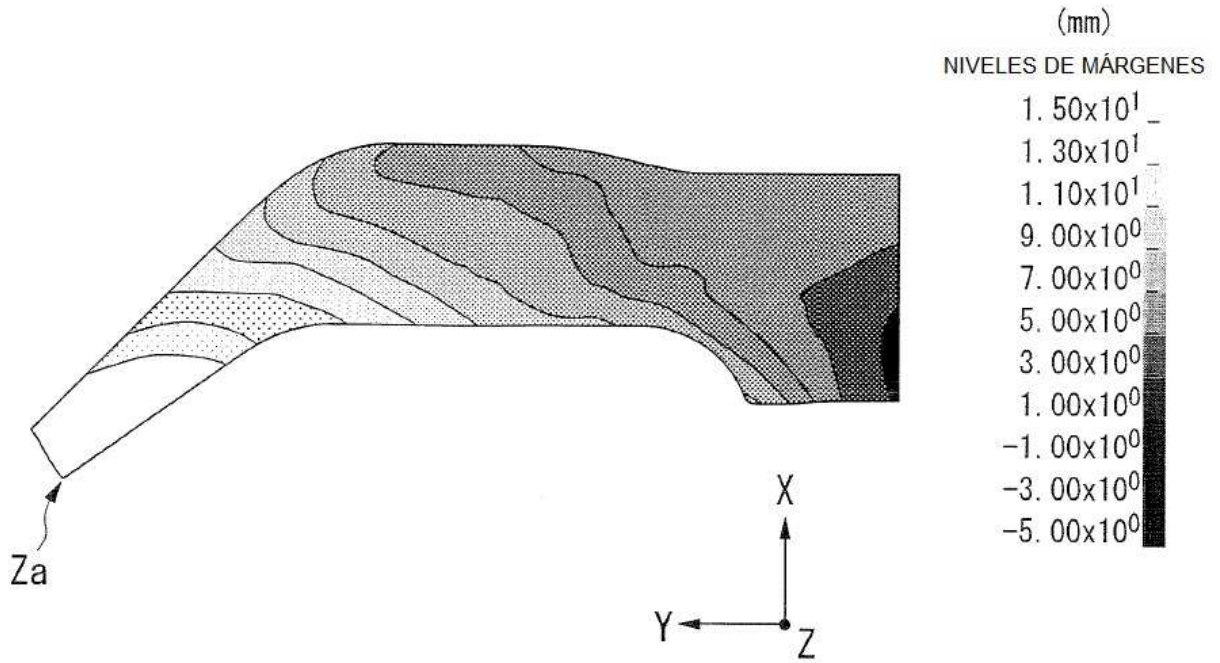


FIG. 15B

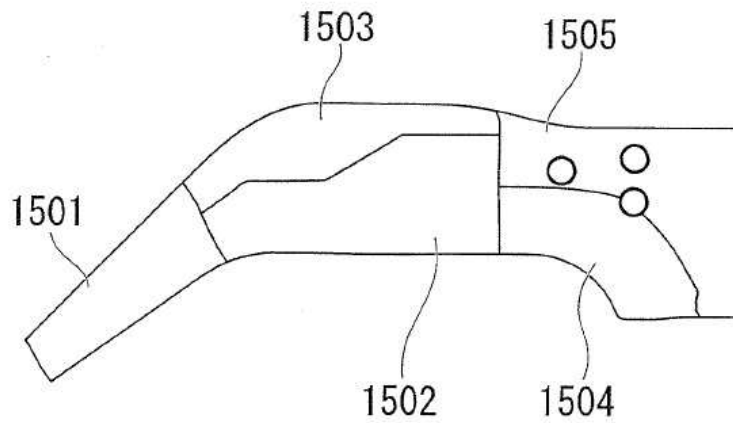




FIG. 16A

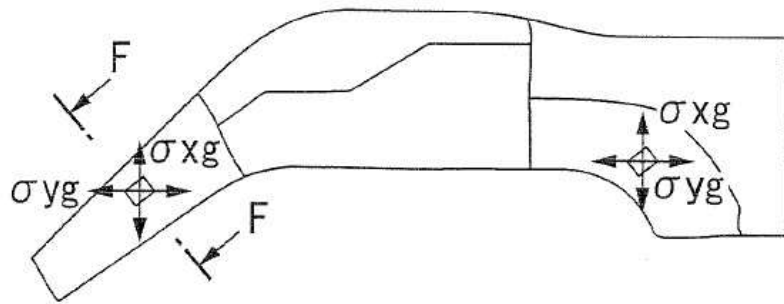


FIG. 16B

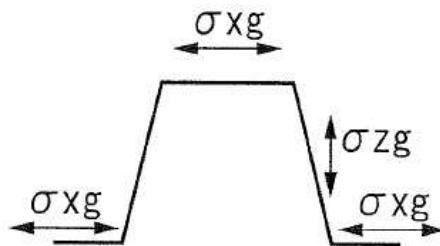


FIG. 17A

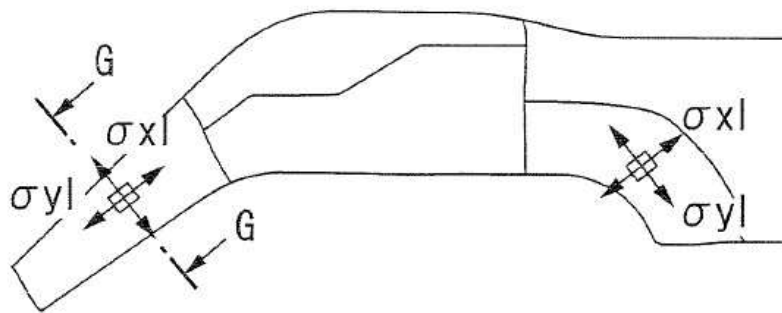


FIG. 17B

