(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 812 453**

(51) Int. CI.:

B21D 22/00 (2006.01)
G06F 30/00 (2010.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.01.2016 PCT/JP2016/051821**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2016 WO16121638**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2016 E 16743241 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2020 EP 3251769**

(54) Título: **Método de estimación de regiones generadoras de defectos de forma de superficie, método de estimación de regiones de origen de defectos de forma de superficie, dispositivo de estimación de regiones generadoras de defectos de forma de superficie, dispositivo de estimación de regiones de origen de defectos de forma de superficie, programa y medios de grabación**

(30) Prioridad:

26.01.2015 JP 2015012325

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.03.2021

(73) Titular/es:

NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP

(72) Inventor/es:

KUWAYAMA TAKUYA y
ARIGA TAKASHI

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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 de estimación de regiones generadoras de defectos de forma de superficie, método de estimación de regiones de origen de defectos de forma de superficie, dispositivo de estimación de regiones generadoras de defectos de forma de superficie, dispositivo de estimación de regiones de origen de defectos de forma de superficie, programa y medios de grabación

Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un método, un dispositivo, un programa y un medio de grabación, para estimar regiones generadoras o regiones de origen de un defecto de forma de superficie generado cuando se realiza un procesamiento por deformación con respecto a una pieza de trabajo.

Técnica anterior

La mayoría de los miembros de un vehículo, tales como una puerta o un parachoques, de los miembros electrónicos del hogar, y materiales de construcción, se producen por prensado de una chapa de acero. En los últimos años, se ha aumentado una exigencia para reducir el peso con respecto a los miembros (artículo conformado por prensado), y para cumplir la exigencia, se sugiere hacer un material de acero delgado usando un material de acero con una elevada resistencia mecánica.

Sin embargo, a medida que aumenta la resistencia mecánica de la chapa de acero, ha resultado necesario gestionar estrictamente la garantía de la forma de los miembros hechos por prensado. En la gestión, hay cuestiones importantes tales como la generación de recuperación elástica, que es una deformación debida a una recuperación elástica de la deformación elástica de la chapa de acero, y es una deformación que utiliza una tensión residual como fuerza impulsora generada en la chapa de acero durante el conformado por prensado, y la generación de arrugas causadas por el curvado durante el conformado por prensado.

En particular, recientemente, para reducir el número de procesos de desarrollo y los costos de un vehículo o similar, existe la tendencia de que la etapa de planificación de investigación de un método de formación del miembro conformado comience al mismo tiempo que la etapa de diseño. Sin embargo, cuando el diseño cambia en la etapa de diseño, el miembro formado en la etapa de planificación también cambia al mismo tiempo, y así, el número de procesos o costos en la etapa de planificación de investigación de un método de formación de un miembro conformado son problemas serios. desde el punto de vista de procesos de desarrollo o costos de desarrollo del vehículo o similar.

Anteriormente, en los últimos años, es deseable un método que puede estimar regiones generadoras o regiones de origen de "recuperación elástica" o "arrugas" descritas anteriormente en una etapa de planificación de investigación del método de conformado, es decir, en una etapa antes de realizar prácticamente el conformado.

En los documentos de patente 1 a 3, como un método de especificación de las regiones de origen de la recuperación elástica, se ha descrito un método de especificación de las regiones de origen de la recuperación elástica dividiendo un estado de tensión en una pluralidad de regiones especificadas en un punto muerto inferior de conformado, calculando aritméticamente la tensión de las regiones especificadas, y realizando un cálculo de recuperación elástica, mediante un método de elementos finitos.

Documento de la técnica anterior

ABBASI M et al: “New attempt to wrinkling behavior analysis of tailor welded blanks during the deep drawing process” (“Nuevo intento de análisis de comportamiento de arrugado de piezas elementales soldadas a medida durante el proceso de embutición profunda”) describe un análisis de defecto de arrugado durante el conformado por prensado.

Documentos de Patente

[Documento de Patente 1] Patente japonesa No. 5068783

[Documento de Patente 2] Patente japonesa No. 4894294

[Documento de patente 3] Solicitud de patente japonesa no sometida a examen, Primera Publicación No. 2009-286351

Descripción de la invención

Problemas que han de ser resueltos por la invención

En la técnica anterior, como se describe en los Documentos de Patente 1 a 3, se ha investigado un método de estimación de las regiones generadoras o regiones de origen de la "recuperación elástica" mediante índices objetivos, tales como una tensión residual, pero un método para estimar cuantitativamente las regiones generadoras o las regiones de origen de un defecto de forma de la superficie, tales como "arrugas" o "desviación de la superficie" generadas durante el conformado por prensado, aún no se han investigado, y se ha requerido establecer el método.

Sin limitarse al conformado por prensado de la chapa de acero, también existen problemas similares en el caso de un conformado por laminación de un material de acero que tiene una forma longitudinal o por hidro-conformado de una tubería de acero. Además, el material de una pieza de trabajo tampoco se limita al acero, e incluso en el caso de un material metálico, tal como aluminio o titanio, un material de resina reforzada con fibra de vidrio, tal como FRP o FRTP, y un material compuesto de estos materiales, existen problemas similares.

Considerando la situación descrita anteriormente, un objeto de la presente invención es proporcionar un método, un dispositivo, un programa y un medio de grabación, para estimar regiones generadoras y regiones de origen de un defecto de forma de superficie generado cuando se realiza el procesamiento de deformación con respecto a una pieza de trabajo.

Medios para resolver el problema

La presente invención está definida en las reivindicaciones. Los aspectos de la presente invención para resolver el problema son los siguientes.

(1) Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie para estimar regiones generadoras de un defecto de forma de superficie de un producto procesado por deformación obtenido realizando un procesamiento de deformación con respecto a una pieza de trabajo a partir de un instante T_{START} de comienzo de proceso de deformación hasta un instante T_{END} de finalización de procesamiento de deformación, incluyendo el método: un primer proceso de obtención de distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ que es la distribución de una tensión de la pieza de trabajo en un primer instante T_1 de trabajo, que sucede después del instante T_{START} de comienzo de procesamiento de deformación y antes del instante T_{END} de finalización del proceso de deformación, mediante un método de elementos finitos; un segundo proceso de obtención de distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ que es la distribución de una tensión de la pieza de trabajo en un segundo instante T_2 de trabajo, que sucede después del primer instante T_1 de trabajo y antes o al mismo tiempo que el instante T_{END} de finalización del procesamiento de deformación, mediante el método de elementos finitos; un proceso de obtención de distribución de tensión comparativa para obtener una distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ que es la distribución de una tensión comparativa de la pieza de trabajo basada en la comparación de la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ y de la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$; un proceso de obtención de distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$ que es la distribución de la tensión comparativa de cada una de las regiones divididas D_K, dividiendo la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ en una pluralidad de regiones divididas D_K; y un proceso de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie para estimar si cada una de las regiones divididas D_K es o no una región generadora del defecto de forma de superficie, en base a un índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie adquirido con respecto a cada una de las regiones divididas D_K, mediante el uso de la distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$.

(2) En el método de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según (1), el índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie puede ser el valor mínimo de la tensión comparativa.

(3) En el método de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según (1), el índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie puede ser el valor máximo de una diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí.

(4) En el método de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según (1), el índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie puede ser el valor máximo de un gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación.

(5) En el método de estimación de la región generadora de defectos en la forma de superficie según cualquiera de (1) a (4), en el proceso de obtención de la distribución de tensión comparativa de división, se puede definir una primera región dividida D_1 que incluye un elemento cuya tensión comparativa es mínima como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$, y se puede definir una segunda región dividida D_2 que incluye un elemento cuya tensión comparativa es mínima como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ obtenida al eliminar la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$.

(6) En el método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (1) a (4), en el proceso de obtención de la distribución de tensión comparativa de división, la primera región dividida D_1 que incluye dos elementos que son una combinación en la que una diferencia en tensión comparativa entre los dos elementos separados entre sí resulta maximizada puede ser definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$, y la segunda región dividida D_2 que incluye dos elementos que son una combinación en la que una diferencia en la tensión comparativa entre los dos elementos separados entre sí resulta maximizada se puede definir como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ obtenida eliminando la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$.

(7) En el método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (1) a (4), en el proceso de obtención de distribución de tensión comparativa de división, la primera región dividida D_1 que

incluye dos elementos que son una combinación en la que se obtiene un gradiente de diferencia al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación resulta maximizada, se puede definir como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$, y la segunda región dividida D_2 que incluye dos elementos que son una combinación en la cual un gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación resulta maximizada se puede definir como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ obtenida al eliminar la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$.

(8) En el método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (1) a (7), el segundo instante T_2 de trabajo puede ser el instante T_{END} de finalización del proceso de deformación.

(9) En el método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (1) a (8), la pieza de trabajo puede ser metálica.

(10) En el método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (1) a (9), el procesamiento de deformación puede ser conformado por prensado.

(11) En el método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (1) a (10), el defecto de forma de superficie pueden ser arrugas.

(12) Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método de estimación de región de origen de defecto de forma de superficie, incluyendo el método: un proceso de división de regiones para especificar las regiones generadoras del defecto de forma de superficie estimado por el método de estimación de regiones generadoras de defecto de forma de superficie según cualquiera de (1) a (11) como una región m_0 de referencia, y dividiendo la periferia de la región m_0 de referencia en una pluralidad de regiones periféricas m_k (k = 1,2, 3, ... n); un proceso de obtención de la primera distribución de tensión de corrección para obtener la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ en el caso de cambiar un valor de tensión de una región periférica m_n arbitraria entre la pluralidad de regiones periféricas m_k para cada una de las regiones periféricas m_k en la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$; un proceso de obtención de la segunda tensión de corrección para obtener la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ para cada una de las regiones periféricas m_k realizando un análisis de formación con respecto a la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ mediante un método de elementos finitos para el segundo instante T_2 de trabajo; un proceso de obtención de distribución de tensión comparativa de corrección para obtener la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ que es la distribución de la tensión comparativa de corrección de la pieza de trabajo, basada en la comparación de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$, con respecto a cada una de las regiones periféricas m_k; y un proceso de estimación de la región de origen de defecto de forma de superficie para estimar si cada una de las regiones periféricas m_k es o no una región de origen de defectos de forma de superficie, basado en un valor comparativo $\beta_{(mk, m0)}$ de un índice $\beta_{(mk)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie en la región m_0 de referencia adquirida mediante el uso de la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de cada una de las regiones periféricas m_k, y un índice $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie en la región m_0 de referencia adquirida mediante el uso de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$.

(13) En el método de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según (12), los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie pueden ser los valores mínimos de la tensión comparativa de corrección.

(14) En el método de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según (12), los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie pueden ser los valores máximos de una diferencia en la tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí.

(15) En el método de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según (12), los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie pueden ser los valores máximos de un gradiente de diferencia obtenido al dividir una diferencia en la tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación.

(16) Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie que estima una región generadora de un defecto de forma de superficie de un producto procesado por deformación obtenido realizando un procesamiento de deformación con respecto a una pieza de trabajo desde un instante T_{START} de comienzo de un procesamiento de deformación hasta un instante T_{END} de finalización del procesamiento de deformación, incluyendo el dispositivo: una primera parte de obtención de distribución de tensión que obtiene la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ que es la distribución de una tensión de la pieza de trabajo en un primer instante T_1 de trabajo, que sucede después del instante T_{START} de comienzo del proceso de deformación y antes del instante T_{END} de finalización del procesamiento de deformación, mediante un método de elementos finitos; una segunda parte de obtención de distribución de tensión que obtiene una segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ que es la distribución de una tensión de la pieza de trabajo en un segundo instante T_2 de trabajo, que sucede después del primer instante T_1 de trabajo y antes o al mismo tiempo que el instante T_{END} de finalización del

procesamiento de deformación, mediante el método de elementos finitos; una parte de obtención de distribución de tensión comparativa que obtiene la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1.\ T2)}$ que es la distribución de una tensión comparativa de la pieza de trabajo basada en la comparación de la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ y de la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$; una parte de obtención de distribución de tensión comparativa que obtiene la división de distribución de tensión comparativa $\sigma_{DIV((T1,\ T2)}$ que es la distribución de la tensión comparativa de cada una de las regiones divididas D_K, dividiendo la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1.\ T2)}$ en una pluralidad de regiones D_K; y una parte de estimación de región de generación de defecto de forma de superficie que estima si cada una de las regiones divididas D_K es o no una región generadora del defecto de forma de superficie, en base a un índice α de evaluación de generación de defecto de forma de superficie adquirido con respecto a cada una de las regiones divididas D_K, mediante el uso de la división de distribución de tensión comparativa $\sigma_{DIV((T1,\ T2)}$.

(17) En el dispositivo de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según (16), el índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie puede ser el valor mínimo de la tensión comparativa.

(18) En el dispositivo de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según (16), el índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie puede ser el valor máximo de una diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí.

(19) En el dispositivo de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según (16), el índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie puede ser el valor máximo de un gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación.

(20) En el dispositivo de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (16) a (19), en la parte de obtención de distribución de tensión comparativa de división, se puede definir una primera región dividida D_1 que incluye un elemento cuya tensión comparativa es mínima como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$, y se puede definir una segunda región dividida D_2 que incluye un elemento cuya tensión comparativa es mínima como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida al eliminar la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$.

(21) En el dispositivo de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (16) a (19), en la parte de obtención de distribución de tensión comparativa de división, la primera región dividida D_1 que incluye dos elementos que son una combinación en la que existe una diferencia en la tensión comparativa entre los dos elementos separados entre sí resulta maximizada, se puede definir como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$, y la segunda región dividida D_2 que incluye dos elementos que son una combinación en la que una diferencia en la tensión comparativa entre los dos elementos separados entre sí resulta maximizada, se puede definir como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida eliminando la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$.

(22) En el dispositivo de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (16) a (19), en la parte de obtención de distribución de tensión comparativa de división, la primera región dividida D_1 que incluye dos elementos que son una combinación en la que se obtiene un gradiente de diferencia al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación resulta maximizado, se puede definir como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$, y la segunda región dividida D_2 que incluye dos elementos que son una combinación en la cual un gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación resulta maximizado, se puede definir como una de la pluralidad de regiones divididas D_K en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida al eliminar la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$.

(23) En el dispositivo de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (16) a (22), el segundo instante T_2 de trabajo puede ser el instante T_{END} de finalización del procesamiento de deformación.

(24) En el dispositivo de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (16) a (23), la pieza de trabajo puede ser metálica.

(25) En el dispositivo de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (16) a (24), el procesamiento de deformación puede ser conformado por prensado.

(26) En el dispositivo de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según cualquiera de (16) a (25), el defecto de forma de superficie pueden ser arrugas.

(27) Según un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo de estimación de región de origen de defecto de forma de superficie que incluye: una parte de división de regiones que especifica las regiones generadoras del defecto de forma de superficie estimado por el dispositivo de estimación de región de generación de

defecto de forma de superficie según cualquiera de (16) a (26) como una región m_0 de referencia, y divide la periferia de la región m_0 de referencia en una pluralidad de regiones periféricas m_k (k = 1, 2, 3, ... n); una parte de obtención de la distribución de la primera tensión de corrección que obtiene la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ en un caso de cambiar un valor de tensión de una región periférica m_n arbitraria entre la pluralidad de regiones periféricas m_k para cada una de las regiones periféricas m_k en la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$, una parte de obtención de la segunda tensión de corrección que obtiene la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ para cada una de las regiones periféricas m_k realizando un análisis de formación con respecto a la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ mediante un método de elementos finitos al segundo instante T_2 de trabajo; una parte de obtención de distribución de tensión comparativa de corrección que obtiene la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ que es la distribución de la tensión comparativa de corrección de la pieza de trabajo, basado en la comparación de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ y de la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$, con respecto a cada una de las regiones periféricas m_k; y una parte de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie que estima si cada una de las regiones periféricas m_k es o no una región de origen de defectos de forma de superficie, basándose en un valor comparativo $\beta_{(mk, m0)}$ de un índice $\beta_{(mk)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie en la región de referencia m_0 adquirida mediante el uso de la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de cada una de las regiones periféricas m_k, y un índice $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie en la región m_0 de referencia adquirida mediante el uso de distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$.

(28) En el dispositivo de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según (27), los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie pueden ser los valores mínimos de la tensión comparativa de corrección.

(29) En el dispositivo de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según (27), los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie pueden ser los valores máximos de una diferencia en la tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí.

(30) En el dispositivo de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según (27), los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie pueden ser los valores máximos de un gradiente de diferencia obtenido al dividir una diferencia en la tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación.

(31) Según un quinto aspecto de la presente invención, se proporciona un programa que realiza el método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según (1).

(32) Según un sexto aspecto de la presente invención, se proporciona un programa que realiza el método de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según (12).

(33) Según un séptimo aspecto de la presente invención, se proporciona un medio de grabación que puede ser leído por un ordenador en el que se graba el programa según (31).

(34) Según un octavo aspecto de la presente invención, se proporciona un medio de grabación que puede ser leído por un ordenador en el que se graba el programa según (32).

Efectos de la invención

Según la presente invención, es posible proporcionar un método, un dispositivo, un programa y un medio de grabación, para estimar regiones generadoras o regiones de origen de un defecto de forma de superficie de un producto procesado por deformación generado cuando se realiza el procesamiento de deformación con respecto a una pieza de trabajo.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una vista esquemática que ilustra un modelo de matriz de prensa que se utiliza en el análisis numérico de un método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie según una primera realización de la presente invención y un método de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie según una segunda realización de la presente invención.

La FIG. 2 es un diagrama de flujo que ilustra un orden de procesamiento del método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie según la primera realización de la presente invención.

La FIG. 3 es una vista de contorno de la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ de una chapa S de acero en un primer instante T_1 de trabajo.

La FIG. 4 es una vista de contorno de la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ de la chapa S de acero en un segundo instante T_2 de trabajo.

La FIG. 5 es una vista de contorno de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ obtenida en base a una diferencia entre la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ y la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$.

La FIG. 6 es una vista que ilustra posiciones de regiones divididas D_0 a D_{10} en la vista de contorno de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ ilustrada en la FIG. 5.

FIG. 7 es una vista que ilustra, respectivamente, la distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$ con respecto a las regiones divididas D_0 a D_{10} ilustradas en la FIG. 6.

La FIG. 8 es un diagrama de flujo que ilustra un orden de procesamiento de un método de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie según una segunda realización de la presente invención.

La FIG. 9 es una vista en la que la región dividida D_0 estimada como una región generadora de defectos de forma de superficie se especifica como una región m_0 de referencia, y su periferia se divide en regiones periféricas m_1 a m_{10}.

La FIG. 10 es una vista de contorno de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ obtenida aproximando un valor de tensión de la región periférica m_1 a 0 en la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$.

La FIG. 11 es una vista de contorno de la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ obtenida al continuar el análisis de formación a partir de un estado de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ ilustrada en la FIG. 10 a un segundo instante T_2 de trabajo.

La FIG. 12 es una vista de contorno de la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ obtenida en base a una diferencia entre la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$.

La FIG. 13 es una vista esquemática que ilustra un dispositivo 10 de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie según una tercera realización de la presente invención.

La FIG. 14 es una vista esquemática que ilustra un dispositivo 20 de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie según una cuarta realización de la presente invención.

La FIG. 15 es una vista que ilustra un bus de sistema que opera un programa informático.

La FIG. 16A es una vista en la que la chapa S de acero está sombreada en el primer instante T_1 de trabajo.

La FIG. 16B es una vista en la que la chapa S de acero está sombreada en el segundo instante T_2 de trabajo.

Realizaciones de la invención

En primer lugar, se describirá un método de estimación de regiones generadoras de arrugas empleado en la técnica relacionada.

En las FIGS. 16A y 16B, se ilustran vistas sombreadas de un artículo conformado por prensado (chapa S de acero) al que se realiza el conformado por prensado usando un modelo de molde de prensa de la FIG. 1 que se describirá más adelante. La FIG. 16A es una vista sombreada de la chapa S de acero cuando un punzón superior 101 está enfrente de un punto muerto inferior en 5 milímetros, y la FIG. 16B es una vista sombreada de la chapa S de acero cuando el punzón superior 101 está en el punto muerto inferior.

En la Fig. 16A, una parte en la que se confirman la luz y la sombra es una parte en la que la forma de la chapa S de acero cambia entre una parte frontal de una prensa y una parte frontal del punto muerto inferior en 5 milímetros. En otras palabras, también es posible estimar que una parte de curvado que es un origen de arrugas se genera en la parte, pero la parte que tiene la luz y la sombra es simplemente una parte en la que cambia la forma de la chapa S de acero, puede estimarse como la parte de curvado o puede estimarse como la forma de un producto.

Además, como se ilustra en la FIG. 16B, a partir de la vista de sombreado cuando el punzón superior 101 está en el punto muerto inferior, la luz y la sombra no son claras, y es difícil estimar las regiones generadoras de arrugas.

En otras palabras, en el método de estimación que usa la vista sombreada como se describió anteriormente, existe la dificultad de estimar cuantitativamente las regiones generadoras de arrugas. En particular, en un caso donde la forma del producto es complicada, es extremadamente difícil distinguir si la parte es la parte de curvado o las arrugas, o la forma (diseño) a procesar, a partir de la vista sombreada.

Además, como un método de adquisición de la distribución de tensión en la chapa de acero, se utiliza un método de análisis del conformado por prensado de la chapa de acero que utiliza un método de análisis FEM. En el método de análisis, es posible adquirir la distribución de tensión en la chapa de acero dividiendo la chapa de acero en una pluralidad de elementos finitos y estimando la tensión para cada uno de los elementos finitos. Sin embargo, es difícil predecir directamente las regiones generadoras de arrugas a partir de la distribución de tensión. Como la razón de la generación de la distribución de tensión, se consideran varios factores además de la generación de arrugas, y por lo tanto, la generación de la distribución de tensión no está necesariamente vinculada a la generación de arrugas.

Los inventores han descubierto que es importante comparar las distribuciones de tensión de la chapa de acero en

diferentes instantes de procesamiento al predecir la generación de arrugas, considerando que es probable que las arrugas generadas en la chapa de acero se generen cuando la cantidad de trabajo de la chapa de acero aumenta y es probable que se generen más inmediatamente antes de que el punzón superior alcance el punto muerto inferior.

Además, los inventores han descubierto que es más importante comparar la distribución de tensión de la chapa de acero antes de llegar al punto muerto inferior y la distribución de tensión de la chapa de acero después de llegar al punto muerto inferior para predecir con precisión la generación de las arrugas, considerando que la parte de curvado que es un origen de las arrugas es prensada por el punzón, y como resultado, la distribución de la tensión se genera cuando el punzón superior alcanza el punto muerto inferior y finaliza el conformado por prensado.

En lo sucesivo, un método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie, un método de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie, un dispositivo de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie, un dispositivo de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie, un programa y un medio de grabación según la presente invención que se basa en el conocimiento descrito anteriormente, se describirán en detalle en base a las realizaciones.

Además, en cualquiera de las realizaciones, con el fin de describir la presente invención para que se entienda fácilmente, se describirá como ejemplo un caso en el que se realiza un análisis numérico con respecto al conformado por prensado que utiliza un modelo de molde de prensa que se describirá más adelante mediante un método de elementos finitos y las regiones generadoras de arrugas o las regiones de origen de arrugas se predicen con respecto a una chapa S de acero que es una chapa de acero laminado en frío de clase 440 MPa que tiene una resistencia a la tracción de 462 MPa y un límite elástico de 360 MPa como pieza de trabajo.

Específicamente, el análisis numérico se realiza usando el modelo de molde de prensado que incluye el punzón superior (troquel) 101, un soporte 102 de pieza elemental y una matriz inferior (matriz) 103 que se ilustran en la FIG. 1. El modelo de molde de prensa es un modelo para realizar conformado por prensado haciendo descender relativamente el punzón superior 101 en un estado en el que la chapa S de acero se coloca sobre la matriz inferior 103, el soporte 102 de la pieza elemental se hace descender y la chapa S de acero se mantiene entre la matriz inferior 103 y el soporte 102 de la pieza elemental.

Además, en la especificación,

(1) un instante cuando comienza la deformación plástica de la pieza de trabajo se define como un instante T_{START} de comienzo de procesamiento por deformación,

(2) un instante cuando termina la deformación plástica de la pieza de trabajo se define como un instante T_{END} de finalización de procesamiento por deformación,

(3) un instante después del instante T_{START} de comienzo de procesamiento por deformación y antes del instante T_{END} de finalización de procesamiento por deformación se define como un primer instante T_1 de trabajo, y

(4) un instante después del primer instante T_1 de trabajo y antes o al mismo tiempo que el instante T_{END} de finalización de procesamiento por deformación se define como un segundo instante T_2 de trabajo.

Además, en los dibujos que se ilustrarán más adelante, hay un caso en el que la forma o el tamaño y la dimensión de los miembros ilustrados son diferentes de la dimensión práctica o similar de los miembros.

"Región" indica una región fina configurada de uno o más elementos en el método de elementos finitos, o un agregado en el que los elementos son continuos entre sí.

<Primera realización>

Una primera realización de la presente invención es el método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie para estimar las regiones generadoras de arrugas (regiones generadoras de defectos de forma de superficie) de un artículo conformado por prensado (producto procesado por deformación) obtenido por conformado por prensado de la chapa S de acero desde un instante de comienzo del conformado por prensado (instante T_{START} de comienzo del procesamiento por deformación) hasta un instante de finalización de conformado por prensado (instante T_{END} de finalización del procesamiento por deformación).

Como se ilustra en la FIG. 2, el método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie según la realización incluye un primer proceso S11 de obtención de distribución de tensión, un segundo proceso S12 de obtención de distribución de tensión, un proceso S13 de obtención de distribución de tensión comparativa, un proceso S14 de obtención de distribución comparativa de tensión por división, y un proceso S15 de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie.

En lo sucesivo, cada proceso se describirá en detalle.

(Proceso S11 de obtención de primera distribución de tensión)

En el proceso S11 de obtención de primera distribución de tensión, la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ que es la distribución de tensión en el primer instante T_1 de trabajo de la chapa S de acero que es un objetivo del conformado por prensado se obtiene mediante análisis numérico por el método de elementos finitos. Específicamente, la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ se obtiene realizando el análisis numérico de acuerdo con el método de elementos finitos con respecto a la distribución de tensión de la chapa S de acero en el primer instante T_1 de trabajo, es decir, en el instante después de que el punzón superior 101 entra en contacto con la chapa S de acero y comienza la deformación de la chapa S de acero y antes de que el punzón superior 101 alcance el punto muerto inferior.

En la Fig. 3, se ilustra la vista de contorno (diagrama de contorno) de la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ obtenida de acuerdo con el proceso S11 de obtención de la primera distribución de tensión.

(Proceso S12 de obtención de segunda distribución de tensión)

En el proceso S12 de obtención de la segunda distribución de tensión, la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ que es la distribución de tensión en un segundo instante T_2 de trabajo de la chapa S de acero que es un objetivo del conformado por prensado se obtiene mediante el análisis numérico según el método de elementos finitos. Específicamente, la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ se obtiene realizando el análisis numérico de acuerdo con el método de elementos finitos con respecto a la distribución de tensión de la chapa S de acero en el segundo instante T_2 de trabajo, es decir, en el instante después del primer instante T_1 de trabajo y antes o al mismo tiempo que el instante T_{END} de finalización de procesamiento por deformación.

En la Fig. 4, se ilustra una vista de contorno de la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ obtenida según el proceso S12 de obtención de segunda distribución de tensión.

En el primer instante T_1 de trabajo y en el segundo instante T_2 de trabajo, como se ilustra en las FIGS. 3 y 4, puede confirmarse una parte en la que una tensión residual aumenta parcialmente (por ejemplo, una flecha ilustrada en la FIG. 4). La parte es una parte en la que la relación de trabajo es alta y se realiza un conformado excesivo, y es una parte en la que fluye un material desde la parte periférica. En otras palabras, tampoco se puede negar la posibilidad de que las arrugas (o la parte de curvado) se generen en la parte, pero de manera similar al método de estimación según la vista sombreada de la técnica anterior, no es posible distinguir si la parte son las arrugas o la forma (diseño) a procesar. Además, incluso cuando se estima que se generan las arrugas, es difícil estimar cuantitativamente el tamaño o similar de las arrugas.

Además, el análisis numérico por el método de elementos finitos se puede realizar utilizando un sistema de análisis del método de elementos finitos (FEM) comercial (por ejemplo, software comercial PAM-STAMP, LS-DYNA, Autoform, OPTRIS, ITAS-3D, ASU/P-FORM, ABAQUS, ANSYS, MARC, HYSTAMP, Hyperform, SIMEX, Fastform3D y Quikstamp). Al utilizar los sistemas de análisis del método de elementos finitos (FEM), basados en las propiedades de la chapa de acero, tales como los datos de forma (grosor, longitud o ancho de la chapa) de la chapa S de acero conformada por prensado, una resistencia mecánica, o alargamiento, es posible establecer un estado de conformado, tal como la forma de una matriz (forma de una matriz y un punzón, una curvatura y un estado de lubricación), o presión de prensado (temperatura o presión), para realizar análisis de conformado por prensado, y estimar cuantitativamente la distribución de tensión de un artículo formado después del conformado por prensado.

(Proceso S13 de obtención de la distribución de tensión comparativa)

En el proceso S13 de obtención de distribución de tensión comparativa, basado en la comparación de la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ y la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$, se obtiene la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ que es la distribución de una tensión comparativa de una primera tensión y una segunda tensión.

Más específicamente, al comparar la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ y la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$, y al adquirir una diferencia o una relación de cambio de la tensión de cada elemento finito, es posible obtener la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$.

En la Fig. 5, se ilustra una vista de contorno de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,T2)}$ obtenida según el proceso de obtención S13 de distribución de tensión comparativa.

Dado que la parte de curvado se prensa a medida que avanza el procesamiento de deformación, se genera una tensión residual de compresión en una parte en la que se generan las arrugas y se genera una tensión residual de tracción en una parte periférica de la misma. Por lo tanto, como se ilustra en la FIG. 5, calculando la diferencia o la relación de cambio del valor de tensión entre la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ de la chapa S de acero en el primer instante T_1 de trabajo y la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ de la chapa S de acero en el segundo instante T_2 de trabajo en el que el procesamiento por deformación ha avanzado más que el primer instante T_1 de trabajo, y al mostrar el resultado del cálculo mediante la vista de contorno, es posible observar claramente la parte en la que se generan las arrugas (ilustrada por una flecha en el dibujo).

(Proceso de obtención S14 de distribución de tensión comparativa por división)

En el proceso S14 de obtención de la distribución de tensión comparativa por división, al dividir la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ en una pluralidad de regiones divididas D_K (k = 1, 2, 3, ... n), se obtiene la distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$, que es la distribución de tensión comparativa en cada una de las regiones divididas D_K.

En la Fig. 6, se ilustra un ejemplo de un caso en el que la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ se divide en regiones divididas D_0 a D_{10}.

Además, en la FIG. 7, se ilustra la distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$ de cada una de las regiones divididas D_0 a D_{10} ilustrada en la FIG. 6.

Además, en la fig. 7, Min indica "valor mínimo de tensión comparativa (GPa)", Max indica "valor máximo de tensión comparativa (GPa)", Max-Min indica "valor máximo de diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí (GPa) "y Grad.Máx indica "valor máximo de un gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por una distancia de separación (GPa/mm)".

Además, no hay un método de definición de la región dividida D_K particularmente limitado, sino que se puede utilizar el método que se describirá más adelante.

(Proceso S15 de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie)

En el proceso S15 de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie, al utilizar la distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$, basado en un índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie adquirido con respecto a cada una de las regiones divididas D_K, se estima si cada una de las regiones divididas D_K es o no la región generadora de arrugas.

Como el índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, por ejemplo, se puede usar el siguiente índice de evaluación.

Índice α1 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie: el valor mínimo de la tensión comparativa.

Índice α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie: el valor máximo de la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí.

Índice α3 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie: el valor máximo del gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación.

(Índice α1 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie)

En el caso de utilizar el índice α1 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, la región dividida D_K en la que el "valor mínimo de esfuerzo comparativo" es menor que un valor umbral en cada una de las distribuciones de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$ se estima como la región generadora de arrugas.

La parte de curvado que es un origen de las arrugas se genera en el primer instante T_1 de trabajo, y después de esto, la parte de curvado se prensa a medida que avanza el conformado. Por lo tanto, en el segundo instante T_2 de trabajo, se genera la tensión residual de compresión causada por la parte de curvado prensada (arruga) o la parte de curvado (arruga) que se está prensando.

Por lo tanto, en la región dividida D_K en la que la tensión residual de compresión es grande, se puede decir que la posibilidad de que se generen arrugas es elevada.

Debido a esto, es posible estimar la región dividida D_K en la que el "valor mínimo de tensión comparativa" es menor que el valor umbral, como la región generadora de arrugas.

Para dar un ejemplo específico, considerando el valor de "Min" ilustrado en la FIG. 7, por ejemplo, en un caso en el que el valor umbral se establece para que sea -0.700 (GPa), es posible estimar la región dividida D_0, la región dividida D_5 y la región dividida D_7, como las regiones generadoras de arrugas.

El valor umbral en el caso de usar el índice α1 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie puede determinarse por si se permite o no que la arruga tenga alguna altura en un producto final (artículo conformado por prensado). En otras palabras, por ejemplo, en un caso del artículo conformado por prensado utilizado en un entorno más severo, ya que incluso una pequeña arruga actúa en gran medida sobre el rendimiento del producto, al establecer el valor umbral para que sea "bajo", es posible evaluar más estrictamente la generación de las arrugas.

(Índice α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie)

En el caso de utilizar el índice α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, la región dividida D_K en la que el "valor máximo de la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí" es mayor

que el valor umbral en cada una de las distribuciones de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$ se estima como las regiones generadoras de arrugas.

Como se describió anteriormente, la parte de curvado que es un origen de las arrugas se genera en el primer instante T_1 de trabajo, y después de esto, la parte de curvado se prensa a medida que avanza el conformado, y en el segundo instante T_2 de trabajo, se genera la tensión residual de compresión causada por la parte de curvado prensada (arruga) o la parte de curvado (arruga) que se está prensando. Además, alrededor de la tensión residual de compresión, se genera el esfuerzo residual de tracción.

Por lo tanto, en la región dividida D_K en que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de la tensión residual es grande, se puede decir que la posibilidad de que se generen arrugas es elevada.

Debido a esto, es preferible estimar la región dividida D_K en la que el "valor máximo de la diferencia en la tensión comparativa entre los dos elementos separados entre sí" es mayor que el valor umbral, como la región generadora de arrugas.

Para dar un ejemplo específico, considerando el valor de "Max-Min" ilustrado en la FIG. 7, por ejemplo, en un caso en el que el valor umbral se establece en 1.500 (GPa), es posible estimar la región dividida D_0, la región dividida D_5 y la región dividida D_7, como las regiones generadoras de arrugas.

El valor umbral en un caso de utilizar el índice α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie también puede determinarse por si la arruga que tiene alguna altura está permitida o no en un producto final (artículo conformado por prensado), similar al índice α1 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie. En un caso de utilizar el índice α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, al establecer el valor umbral para que sea "alto", es posible evaluar más estrictamente la generación de arrugas.

Además, en un caso de utilizar el índice α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, en comparación con un caso de utilizar el índice α1 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, también se considera el valor de la tensión residual de tracción alrededor de las arrugas, y por lo tanto, es posible estimar con mayor precisión la región generadora de arrugas que en caso de utilizar el índice α1 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie.

(Índice α3 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie)

En el caso de utilizar el índice α3 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, la región dividida D_K en la que el "valor máximo del gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación" es mayor que el valor umbral en cada una de las distribuciones de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$ se estima como las regiones generadoras de arrugas.

Como se describió anteriormente, en la región dividida D_K en que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de la tensión residual es grande, la posibilidad de que se generen las arrugas es elevada. Sin embargo, de acuerdo con el método de definición de la región dividida D_K, hay un caso en el que la pluralidad de partes generadoras de arrugas está incluida en una región dividida D_K. En este caso, existe la posibilidad de que se calcule la diferencia del valor máximo de la tensión residual causada por una parte generadora de arrugas y el valor mínimo de la tensión residual causada por otras partes generadoras de arrugas.

Por lo tanto, para realizar una estimación más fiable de las regiones generadoras de arrugas, se puede decir que es preferible considerar la diferencia de la tensión residual de compresión y la tensión residual de tracción causada por la "única" parte generadora de arrugas como el índice de evaluación

Por lo tanto, es más preferible estimar la región dividida D_K en la que el "valor máximo del gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación" es mayor que el valor umbral, como la región generadora de arrugas.

Para dar un ejemplo específico, considerando el valor de "Grad.Max" ilustrado en la FIG. 7, por ejemplo, en un caso en el que el valor umbral se establece en 0.260 (GPa/mm), es posible estimar la región dividida D_0, la región dividida D_9 y la región dividida D_{10}, como las regiones generadoras de arrugas.

El valor umbral en un caso de utilizar el índice α3 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie también puede determinarse por si la arruga que tiene alguna altura está permitida o no en un producto final (artículo conformado por prensado), similar a los índices α1 y α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie. En un caso de utilizar el índice α3 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, similar al índice α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, al establecer el valor umbral para que sea "alto", es posible evaluar más estrictamente la generación de arrugas.

Además, en un caso de utilizar el índice α3 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, en comparación con un caso de utilizar los índices α1 y α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, se considera el gradiente de diferencia y, por lo tanto, es posible estimar con mayor precisión la región generadora de

arrugas que en un caso de utilizar los índices α1 y α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie.

Además, con respecto al proceso S14 de obtención de distribución de tensión comparativa por división, con respecto al método de definición de la región dividida D_K, automáticamente, se puede emplear una división igual (por ejemplo, una forma de una matriz), o el método puede determinarse en función de la predicción de la estimación de una ubicación en la que es probable que se genere la arruga y la ubicación en la que es poco probable que se genere la arruga a partir de un valor de experiencia.

Sin embargo, para aumentar aún más la precisión, considerando los índices α1 a α3 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie descritos anteriormente, la región dividida D_K puede definirse como sigue.

(Método 1 de definición de región dividida)

En un método 1 de definición de región dividida, en primer lugar, en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$, la primera región dividida D_1 que incluye "elemento del cual el esfuerzo comparativo es el mínimo" se define como una de la pluralidad de regiones divididas D_K.

Además, en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida al eliminar la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$, la segunda región dividida D_2 que incluye "elemento cuya tensión comparativa es mínima" es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K.

Al repetir el método de definición similar, es posible definir automáticamente la región dividida D_K. El número de veces de repetición del método de definición similar no está particularmente limitado, pero, por ejemplo, el método descrito anteriormente puede repetirse hasta que el "valor mínimo de tensión comparativa" en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida al eliminar la región dividida definida D_K resulta dos o más veces el "valor mínimo de tensión comparativa" de la primera región dividida D_1.

(Método 2 de definición de región dividida)

En un método 2 de definición de región dividida, en primer lugar, en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$, la primera región dividida D_1 que incluye "dos elementos de una combinación en la que la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí resulta máxima" se define como una de la pluralidad de regiones divididas D_K.

Además, en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida al eliminar la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$, la segunda región dividida D_2 que incluye "dos elementos de una combinación en la que la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí resulta máxima" se define como una de la pluralidad de regiones divididas D_K.

Al repetir el método de definición similar, es posible definir automáticamente la región dividida D_K. El número de veces de repetición del método de definición similar no está particularmente limitado, pero, por ejemplo, el método descrito anteriormente puede repetirse hasta que el "valor máximo de diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí" en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida al eliminar la región dividida definida D_K resulta un 50% o menos del "valor máximo de diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí" de la primera región dividida D_1.

(Método 3 de definición de región dividida)

En un método 3 de definición de región dividida, en primer lugar, en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$, la primera región dividida D_1 que incluye "dos elementos de una combinación en la que el gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación resulta maximizado" se define como una de la pluralidad de regiones divididas D_K.

Además, en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida al eliminar la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$, la segunda región dividida D_2 que incluye "dos elementos de una combinación en la que el gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en la tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación resulta maximizado" se define como una de la pluralidad de regiones divididas D_K.

Al repetir el método de definición similar, es posible definir automáticamente la región dividida D_K. El número de veces de repetición del método de definición similar no está particularmente limitado, pero, por ejemplo, el método descrito anteriormente puede repetirse hasta que el "valor máximo de gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación" en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida al eliminar la región dividida definida D_K resulta un 50% o menos del "valor máximo del gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación" de la primera región dividida D_1.

Además, el método 1 de definición de región dividida es un método que considera el índice α1 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, el método 2 de definición de región dividida es un método que considera

el índice α2 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie, y el método 3 de definición de región dividida es un método que considera el índice α3 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie. Por lo tanto, en el caso de definir la región dividida utilizando el método 1 de definición de región dividida, es preferible utilizar el índice α1 de evaluación de generación de defectos de forma de superficie.

Además, en la realización, el primer instante T_1 de trabajo puede determinarse apropiadamente en base a la forma de la chapa S de acero conformada por prensado, las propiedades de la chapa de acero, la forma de una matriz y el estado de la prensa. Por ejemplo, el primer instante T_1 de trabajo puede ser un instante de trabajo en el que la distancia de separación desde el punto muerto inferior del punzón superior 101 resulta más de 0 mm y 5 mm o menos, o puede ser un instante de trabajo en el que la distancia de separación desde el punto muerto inferior del punzón superior 101 resulta una altura que es de 1 a 5 veces la altura de las arrugas permitidas para cada parte del artículo conformado por prensado.

Además, es preferible que el segundo instante T_2 de trabajo sea un instante de trabajo en el que el punzón superior 101 resulte el punto muerto inferior, es decir, el instante T_{END} de finalización del procesamiento por deformación.

De acuerdo con cada una de las etapas descritas anteriormente, es posible estimar cuantitativamente las regiones generadoras de arrugas del artículo conformado por prensado, y reducir el número de procesos o costos en la etapa de planificación de la investigación del método de conformado del artículo conformado por prensado.

<Segunda realización>

Una segunda realización de la presente invención es un método de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie para estimar las regiones de origen de las regiones generadoras de arrugas estimadas por el "método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie" descrito anteriormente.

Como se ilustra en la FIG. 8, el método de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según la realización incluye un proceso S21 de división de regiones, un proceso S22 de obtención de la primera distribución de tensión de corrección, un proceso S23 de obtención de una segunda distribución de tensión de corrección, un proceso S24 de obtención de distribución de tensión comparativa de corrección, y un proceso S25 de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie.

A continuación, se describirá en detalle cada proceso.

(Proceso S21 de división de regiones)

En el proceso S21 de división de regiones, una de las regiones generadoras de arrugas estimada por el "método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie" descrito anteriormente se especifica como una región m_0 de referencia, y la periferia de la región m_0 de referencia se divide en una pluralidad de regiones periféricas m_k (k = 1, 2, 3, ... n).

A continuación, se describirá un ejemplo específico basado en un caso en el que la región dividida D_0 ilustrada en la FIG. 6 se especifica como la región m_0 de referencia y su periferia se divide en regiones periféricas m_1 a m_{10}.

Además, en el ejemplo, similar a las regiones divididas D_1 a D_{10} ilustradas en la FIG. 6, se definen las regiones periféricas m_1 a m_{10}, pero el método de definición de la región periférica m_k no está particularmente limitado, y automáticamente, se puede emplear una división equitativa (por ejemplo, la forma de una matriz), o el método se puede determinar en función de la predicción de estimar una ubicación en la que es probable que se genere la arruga y la ubicación en la que es improbable que se genere a partir de un valor de experiencia. Además, la región periférica m_k puede definirse a lo largo de la región dividida que define los métodos 1 a 3 descritos en la primera realización descrita anteriormente.

Además, definiendo finamente la región de la región periférica m_k que se encuentra cerca de la región generadora de arrugas (limitando el elemento finito para que sea pequeño), es posible estimar con precisión las regiones de origen de arrugas.

(Proceso S22 de obtención de la primera corrección de distribución de tensión)

En el proceso S22 de obtención de la primera distribución de tensión de corrección, en la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ de la chapa S de acero en el primer instante T_1 de trabajo, la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ que es la distribución de tensión en un caso de cambiar un valor de tensión de la región periférica arbitraria m_k a 0 en cada una de las regiones periféricas m_k, se obtiene para cada una de las regiones periféricas m_k.

Además, "la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la región periférica m_1" significa la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ obtenida al cambiar la tensión con respecto a la región periférica m_1. De manera similar, "la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la región periférica m_2" significa la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ obtenida al cambiar la tensión con respecto a la región periférica m_2. En la realización, dado que existen diez regiones periféricas m_1 a m_{10}, se obtienen diez primeras distribuciones de tensiones de corrección $\sigma'_{(T1)}$.

En la Fig. 10, se ilustra una vista de contorno de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la región

periférica m_1 obtenida cambiando el valor de tensión de la región periférica m_1 a 0.

Además, en la realización, el valor de tensión se cambia a 0 con respecto a cada una de las regiones periféricas m_1 a m_{10}, pero el valor de tensión puede ser un valor predeterminado distinto de 0 y, por ejemplo, se puede cambiar a un valor aproximado a 0. Además, por ejemplo, el valor de tensión puede cambiarse a 10 veces el valor máximo del valor de tensión comparativo, o puede cambiarse a 1/10 veces el valor de tensión comparativo. Además, el valor de tensión comparativa de cada elemento de la región periférica m_k puede aumentarse o reducirse con un aumento constante. Aunque se describirá más adelante, cambiando el valor de tensión comparativa de cada elemento de la región periférica m_k de esta manera, es posible verificar un grado de influencia sobre el valor de tensión de la región de referencia m_0 de acuerdo con el cambio.

(Proceso S23 de obtención de la segunda distribución de tensión de corrección)

En el proceso S23 de obtención de la segunda distribución de tensión de corrección, la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ que es la distribución de tensión obtenida realizando un análisis de formación por el método de elementos finitos hasta el segundo instante T_2 de trabajo basado en la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ se obtiene para cada una de las regiones periféricas m_k. En otras palabras, al continuar el análisis numérico desde el estado de tensión donde el valor de tensión de cada una de las regiones periféricas m_k se cambió al valor predeterminado, y al realizar el análisis hasta alcanzar el segundo instante T_2 de trabajo, se obtiene la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ para cada una de las regiones periféricas m_k.

Además, "segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ de la región periférica m_1" significa la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ obtenida al realizar el análisis de formación por el método de elementos finitos en el segundo instante T_2 de trabajo basado en la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la región periférica m_1. De manera similar, "segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ de la región periférica m_2" significa la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ obtenida al realizar el análisis de formación por el método de elementos finitos en el segundo instante T_2 de trabajo basado en la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la región periférica m_2. En la realización, dado que existen diez regiones periféricas m_1 a m_{10}, se obtienen diez segundas distribuciones de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$.

En la Fig. 11, se ilustra una vista de contorno de la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ de la región periférica m_1 obtenida realizando el análisis de formación por el método de elementos finitos al segundo instante T_2 de trabajo basado en la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la región periférica ilustrada en la fig. 10.

(Proceso S24 de obtención de distribución de tensión comparativa de corrección)

En el proceso S24 de obtención de distribución de tensión comparativa de corrección, la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ que es la distribución de la tensión comparativa de corrección obtenida basándose en la comparación de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ obtenida en el proceso S22 de obtención de la primera distribución de tensión de corrección y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ obtenida en el proceso S23 de obtención de segunda distribución de tensión de corrección, se obtiene para cada una de las regiones periféricas m_k.

Más específicamente, comparando la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de cada una de las regiones periféricas m_k y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$, y adquiriendo la diferencia o una relación de cambio de la tensión para cada uno de los elementos finitos, es posible obtener la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$.

Además, "distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de la región periférica m_1" significa la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ obtenida en base a la comparación de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la región periférica m_1 y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ de la región periférica m_1. De manera similar, "distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de la región periférica m_2" significa la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ obtenida en base a la comparación de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la región periférica m_2 y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ de la región periférica m_2. En la realización, dado que existen diez regiones periféricas m_1 a m_{10}, se obtienen diez distribuciones de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$.

En la Fig. 12, se ilustra una vista de contorno de la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de la región periférica m_1 obtenida comparando la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la región periférica m_1 ilustrada en la FIG. 10 y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ de la región periférica m_1 ilustrada en la FIG. 11, y adquiriendo la diferencia en la tensión comparativa de corrección de cada uno de los elementos finitos. En la Fig. 12, se ilustran los siguientes datos en la región de referencia m_0 de la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de la región periférica m_1.

Mín: "valor mínimo de tensión comparativa de corrección (GPa)"

Máx: "valor máximo de tensión comparativa de corrección (GPa)"

Máx-Mín: "valor máximo de diferencia en tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí (GPa)"

Grad.Máx: "valor máximo de un gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí por una distancia de separación (GPa/mm)"

(Proceso S25 de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie)

En el proceso S25 de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie, se estima si cada una de las regiones periféricas m_k es o no la región de origen de arrugas, basándose en un valor comparativo $\beta_{(mk, m0)}$ de un valor de un índice $\beta_{(mk)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie de la región de referencia m_0 en la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de la región periférica m_k y un valor del índice $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie de la región m_0 de referencia en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$.

En la realización, dado que existen diez regiones periféricas m_1 a m_{10}, el valor del índice $\beta_{(mk)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie se obtiene con respecto a cada una de las diez regiones periféricas.

Es preferible que el "índice $\beta_{(m0)}$ de evaluación de la de origen de defectos de forma de superficie" y el "índice $\beta_{(mk)}$ de evaluación de la de origen de defectos de forma de superficie" sean el mismo tipo de índice de evaluación de origen de defectos de forma de superficie. Como el tipo de índice de evaluación de origen de defectos de forma de superficie, se pueden utilizar, "valor mínimo de la tensión comparativa de corrección", "valor máximo de diferencia en tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí", o "valor máximo del gradiente de diferencia obtenido al dividir la diferencia en tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación".

El valor comparativo $\beta_{(mk, m0)}$ puede ser un valor de una diferencia o una relación de cambio del "valor del índice $\beta_{(mk)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie de la región m_0 de referencia en la distribución de la tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de la región periférica m_k" y el "valor del índice $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie de la región m_0 de referencia en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$".

Además, la región periférica m_k se estima como la región de origen de arrugas en función de si el valor comparativo es mayor o menor que el valor umbral predeterminado.

Además, con respecto a la región periférica m_k estimada como la región de origen de arrugas, es posible ejecutar una contramedida para la generación de arrugas instalando una almohadilla en una ubicación correspondiente de una matriz, cambiando la planificación del material y cambiando una matriz en la que se espera la generación de arrugas.

A continuación, se describirá como un ejemplo un caso en el que se utiliza el "valor máximo de la diferencia en tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí" como los índices $\beta_{(m0)}$ y $\beta_{(mk)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie.

En la Tabla 1, se ilustran los valores de Min, Max y Max-Min con respecto a cada una de las regiones periféricas m_1 a m_{10}. Por ejemplo, un campo de una fila de Max de una columna de m_1 significa el valor máximo (GPa) de la tensión comparativa de corrección de la región m_0 de referencia en la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de la región periférica m_1.

Los valores comparativos se ilustran adicionalmente en la Tabla 1. Aquí, dado que el "valor máximo de la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí" se utiliza como los índices $\beta_{(m0)}$ y $\beta_{(mk)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie, un valor obtenido dividiendo (1) el "valor máximo de la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí" de la región de referencia m_0 en la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de la región periférica m_k por (2) el "valor máximo de la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí" de la región m_0 de referencia en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ (= 1.528 GPa), se calcula como una relación de cambio.

Además, aquí, la relación de cambio de ambos valores se considera como el valor comparativo, pero la diferencia puede considerarse como el valor comparativo.

[Tabla 1]

Región periférica	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}
MAX (GPa)	0.738	0.863	0.828	0.81	0.792	0.825	0.768	0.835	0.806	0.802
Min (GPa)	-0.79	-0.831	-0.778	-0.755	-0.791	-0.788	-0.769	-0.784	-0.793	-0.79
Max-Min (GPa)	1.528	1.694	1.606	1.565	1.583	1.613	1.537	1.619	1.599	1.592

Región periférica	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}
Valor Comparativo	1.528 /1.528	1.694 /1.528	1.606 /1.528	1.565 /1.528	1.583 1.528	1.613 /1.528	1.537 /1.528	1.619 /1.528	1.599 /1.528	1.592 /1.528
Relación de cambio	1.00	1.11	1.05	1.02	1.04	1.06	1.01	1.06	1.05	1.04

Además, la región periférica m_k en que el valor comparativo (relación de cambio) es mayor que el valor umbral se estima como la región de origen de arrugas. Por ejemplo, en el caso de establecer el valor umbral en 1.10 (110%), la región periférica m_2 se estima como la región de origen de arrugas.

Además, de manera similar a la primera realización, el "valor umbral" que es una referencia de evaluación para estimar la región de origen de arrugas puede determinarse por si la arruga que tiene alguna altura está permitida o no en un producto final (artículo conformado por prensado).

Como se describió anteriormente, en el método de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según la realización, es posible evaluar cuantitativamente cuánto influye la región periférica m_k cuya tensión se cambia al valor predeterminado en la región generadora de arrugas, prestando atención a la variación de la tensión residual de la región m_0 de referencia incluyendo la parte de generación de arrugas en el segundo instante T_2 de trabajo, y para estimar qué región periférica m_k es la región de origen de arrugas del artículo conformado por prensado. Como resultado, es posible estimar cuantitativamente la región de origen de arrugas del artículo conformado por prensado, y reducir el número de procesos o costos en la etapa de planificación de investigar el método de formación del artículo conformado por prensado.

<Tercera realización>

Una tercera realización de la presente invención es un dispositivo 10 de estimación de región de generación de defectos de forma de superficie que estima las regiones de generación de arrugas (región de generación de defecto de forma de superficie) del artículo conformado por prensado (producto procesado por deformación) obtenido por conformado por prensado de la chapa de acero. desde el instante en el que se inicia el conformado por prensado (instante T_{START} de comienzo de procesamiento por deformación) hasta llegar al instante en el que finaliza el conformado por prensado (instante T_{END} de finalización de procesamiento por deformación).

Como se ilustra en la FIG. 13, el dispositivo 10 de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según la realización incluye una parte 11 de obtención de primera distribución de tensión, una parte 12 de obtención de segunda distribución de tensión, una parte 13 de obtención de distribución de tensión comparativa, una parte 14 de obtención de distribución de tensión comparativa, y una parte 15 de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie.

Como la descripción de cada elemento de configuración es similar a la del método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie según la primera realización, se omitirá la descripción superpuesta.

En la parte 11 de obtención de primera distribución de tensión, la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ que es la distribución de la tensión de la pieza de trabajo en el primer instante de trabajo T_1 que sucede después del T_{START} de comienzo de procesamiento por deformación y antes del instante T_{END} de finalización del procesamiento por deformación, se obtiene por el método de elementos finitos.

En la parte 12 de obtención de segunda distribución de tensión, la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ que es la distribución de la tensión de la pieza de trabajo en el segundo instante T_2 de trabajo que sucede después del primer instante T_1 de trabajo y antes o al mismo tiempo que el instante T_{END} de finalización del procesamiento por deformación, se obtiene por el método de elementos finitos.

En la parte 13 de obtención de distribución de tensión comparativa, la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ que es la distribución de la tensión comparativa de la pieza de trabajo se obtiene basándose en la comparación de la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ y de la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$.

En la parte 14 de obtención de distribución de tensión comparativa, la división de distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ que es la distribución de la tensión comparativa de cada una de las regiones divididas D_K se obtiene dividiendo la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ en pluralidad de regiones divididas D_K.

En la parte 15 de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie, se estima si cada una de las regiones divididas D_K es o no la región generadora de arrugas basándose en el índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie adquirido con respecto a cada una de las regiones divididas D_K mediante la distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$.

En el dispositivo 10 de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie según la realización, similar

al método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie descrito en la primera realización, es posible estimar cuantitativamente la parte generadora de arrugas del artículo conformado por prensado, y reducir el número de procesos o costos en la etapa de planificación de la investigación del método de conformado del artículo conformado por prensado.

<Cuarta realización>

Una cuarta realización de la presente invención es un dispositivo 20 de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie que estima la región de origen de la región generadora de arrugas estimada por el "dispositivo 10 de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie" descrito anteriormente.

Como se ilustra en la FIG. 13, el dispositivo 20 de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie según la realización incluye el proceso S21 de división de regiones, el proceso S22 de obtención de la primera distribución de tensión de corrección, el proceso S23 de obtención de la segunda distribución de tensión de corrección, el proceso S24 de obtención de distribución de tensión comparativa de corrección, y el proceso S25 de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie.

Dado que la descripción de cada elemento de configuración es similar a la del método de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según la segunda realización, se omitirá la descripción superpuesta.

En la parte 21 de división de regiones, la región generadora de arrugas estimada por el dispositivo 10 de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie descrito en la tercera realización, se especifica como la región m_0 de referencia, y la periferia de la región m_0 de referencia se divide en la pluralidad de regiones periféricas m_k.

En la parte 22 de obtención de la primera distribución de tensión de corrección, en la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$, la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ en un caso en el que el valor de tensión de una región periférica m_n arbitraria entre la pluralidad de regiones periféricas m_k se cambia se obtiene para cada una de las regiones periféricas m_k.

En la parte 23 de obtención de la segunda tensión de corrección, la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ se obtiene para cada una de las regiones periféricas m_k realizando el análisis de formación por el método de elementos finitos al segundo instante T_2 de trabajo con respecto a la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$.

En la parte 24 de obtención de distribución de tensión comparativa de corrección, la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1,\ T2)}$ se obtiene comparando la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ con respecto a cada una de las regiones periféricas m_k.

En la parte 25 de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie, se estima si cada una de las regiones periféricas m_k es o no la región de origen de defectos de forma de superficie, basándose en el valor comparativo $\beta_{(mk,\ m0)}$ del índice $\beta_{(mk)}$ de evaluación de la de origen de defectos de forma de superficie en la región m_0 de referencia adquirida mediante el uso de la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1,\ T2)}$ de cada una de las regiones periféricas m_k y el índice $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie en la región m_0 de referencia adquirida mediante el uso de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$.

En el dispositivo 20 de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según la realización, similar al método de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie descrito en la segunda realización, es posible estimar cuantitativamente la parte de origen de arrugas del artículo conformado por prensado, y reducir el número de procesos o costos en la etapa de planificación de la investigación del método de conformado del artículo conformado por prensado.

En la Fig. 15, se ilustra un bus de sistema que opera un programa informático.

Una función de cada unidad que configura el dispositivo 10 de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie descrito anteriormente o el dispositivo 20 de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie puede realizarse operando un programa almacenado en una RAM o una ROM del ordenador. De manera similar, cada etapa del método de estimación de la región generadora de defectos de forma de superficie y del método de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie se puede realizar a medida que se ejecuta el programa almacenado en la RAM o la ROM del ordenador. En la presente invención se incluye un medio de almacenamiento que se puede leer mediante el programa y el ordenador en el que está grabado el programa.

Específicamente, el programa se graba en el medio de grabación, tal como un CD-ROM, o se proporciona en el ordenador a través de varios medios de transmisión. Como medio de grabación en el que se graba el programa, además del CD-ROM, es posible utilizar un disco flexible, un disco duro, una cinta magnética, un disco magneto-óptico o una tarjeta de memoria no volátil. Mientras tanto, como medio de transmisión del programa, es posible utilizar un medio de comunicación en un sistema de red informática para difundir y suministrar información del programa como una onda portadora. Aquí, ejemplos de la red informática incluyen LAN, WAN, tal como Internet, o una red de comunicación inalámbrica, y ejemplos del medio de comunicación incluyen un circuito cableado o un circuito inalámbrico, tal como fibra óptica.

Además, el programa incluido en la presente invención no se limita a un programa que realiza funciones de las realizaciones descritas anteriormente cuando el ordenador ejecuta el programa suministrado. Por ejemplo, incluso en el caso de que las funciones de las realizaciones descritas anteriormente se realicen en cooperación con el sistema operativo (OS) u otras aplicaciones que son operadas por el programa en el ordenador, el programa está incluido en la presente invención. Además, incluso en un caso donde las funciones de las realizaciones descritas anteriormente se realicen como la totalidad o una parte del procesamiento del programa suministrado se realizan mediante una placa de extensión de función o una unidad de extensión de función del ordenador, el programa relacionado está incluido en la presente invención.

Por ejemplo, la FIG. 15 es una vista esquemática que ilustra una configuración interna de un dispositivo terminal de usuario personal. En la Fig. 15, 1200 indica un ordenador personal (PC) provisto de una CPU 1201. El PC 1200 ejecuta el software de control del dispositivo que está almacenado en una ROM 1202 o un disco duro (HD) 1211 o que es suministrado por un disco flexible (FD) 1212. El PC 1200 controla integralmente cada dispositivo conectado a un bus 1204 de sistema.

Mediante el programa almacenado en la CPU 1201 y la ROM 1202 o el disco duro (HD) 1211 en el PC 1200, se realiza cada orden en la realización.

1203 indica RAM, y funciona como memoria principal o área de trabajo de la CPU 1201. 1205 indica un controlador de teclado (KBC) y un teclado (KB) 1209 controla la entrada de instrucciones desde dispositivos o similares que no se ilustran.

1206 indica un controlador CRT (CRTC) y controla la visualización de un dispositivo de visualización CRT (CRT) 1210. 1207 indica un controlador de dispositivo (DKC). El DKC 1207 controla el acceso al disco duro (HD) 1211 en el que se almacena un programa de arranque, una pluralidad de aplicaciones, un archivo de edición, un archivo de usuario y un programa de administración de red; y el disco flexible (FD) 1212. Aquí, el programa de arranque es un programa de inicio, es decir, un programa para comenzar la ejecución (operación) de hardware o software de un ordenador personal.

1208 indica una tarjeta de interfaz de red (NIC) e intercambia bidireccionalmente datos con una impresora de red, otros dispositivos de red, u otros PC a través de una LAN 1220.

De acuerdo con el dispositivo de terminal de usuario personal descrito anteriormente, es posible estimar cuantitativamente la región generadora de arrugas y la región de origen de arrugas del artículo conformado por prensado.

De esta manera, la presente invención incluye el programa para ejecutar el método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie descrito en la primera realización, el programa para ejecutar el método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie descrito en la segunda realización, y además, el medio de grabación que es legible por la computadora en la que están grabados los programas.

Anteriormente, la presente invención se ha descrito en detalle en base a las realizaciones, pero las realizaciones descritas anteriormente son meramente ejemplos específicos para realizar la presente invención, y el alcance técnico de la presente invención no se interpreta de forma limitada solo por las realizaciones.

Por ejemplo, en la descripción de las realizaciones descritas anteriormente, el conformado por prensado de la chapa de acero se describe como un ejemplo, pero la presente invención no se limita a ello, y la presente invención también se puede emplear en el conformado por laminación de la chapa de acero que tiene una forma longitudinal o una hidro conformado de una tubería de acero. Además, el material de la pieza de trabajo no se limita al acero, y puede usarse un material metálico, tal como aluminio o titanio, un material de resina reforzada con fibra de vidrio, tal como FRP o FRTP, y un material compuesto de estos materiales.

Además, las arrugas se describen como ejemplo del defecto de forma de superficie, pero la presente invención también se puede emplear en un método para estimar un defecto de forma de superficie, tal como una desviación superficial.

[Aplicabilidad industrial]

Según la presente invención, es posible proporcionar un método, un dispositivo, un programa y un medio de grabación, para estimar regiones generadoras o regiones de origen de un defecto de forma de superficie de un producto procesado por deformación generado cuando se realiza el procesamiento por deformación con respecto a una pieza de trabajo.

[Breve descripción de los símbolos de referencia]

S HOJA DE ACERO

101 PUNZÓN SUPERIOR (TROQUEL)

102 SOPORTE DE PIEZA ELEMENTAL

103 MATRIZ INFERIOR (MATRIZ)

S11 PROCESO DE OBTENCIÓN DE PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN

S12 PROCESO DE OBTENCIÓN DE SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN

S13 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA

S14 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA DE DIVISIÓN

S15 PROCESO DE ESTIMACIÓN DE REGIÓN GENERADORA DE DEFECTOS DE FORMA DE SUPERFICIE

S21 PROCESO DE DIVISIÓN DE REGIONES

S22 PROCESO DE OBTENCIÓN DE PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN DE CORRECCIÓN

S23 PROCESO DE OBTENCIÓN DE SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN DE CORRECCIÓN

S24 PROCESO DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA DE CORRECCIÓN

S25 PROCESO DE ESTIMACIÓN DE REGIÓN DE ORIGEN DE DEFECTOS DE FORMA DE SUPERFICIE

11 PARTE DE OBTENCIÓN DE PRIMERA DE TENSIÓN

12 PARTE DE OBTENCIÓN DE SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN

13 PARTE DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA

14 PARTE DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA DE DIVISIÓN

15 PARTE DE ESTIMACIÓN DE REGIÓN GENERADORA DE DEFECTOS DE FORMA DE SUPERFICIE

21 PARTE DE DIVISIÓN DE REGIONES

22 PARTE DE OBTENCIÓN DE PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN DE CORRECCIÓN

23 PARTE DE OBTENCIÓN DE SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN DE CORRECCIÓN

24 PARTE DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA DE CORRECCIÓN

25 PARTE DE ESTIMACIÓN DE REGIÓN DE ORIGEN DE DEFECTOS DE FORMA DE SUPERFICIE

REIVINDICACIONES

1. Un método de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie implementado por ordenador para determinar regiones sujetas a defectos de arrugado durante un conformado por prensado, estimando regiones de origen que corresponden a regiones generadoras de un defecto de forma de superficie de un producto procesado por deformación obtenido realizando un procesamiento por deformación con respecto a una pieza de trabajo desde un instante T_{START} de comienzo de procesamiento de deformación hasta un instante T_{END} de finalización de procesamiento por deformación, en el que

el instante T_{START} de comienzo del procesamiento por deformación es un instante cuando comienza una deformación plástica de la pieza de trabajo en el procesamiento por deformación,

el instante T_{END} de finalización del procesamiento por deformación es un instante cuando finaliza la deformación plástica de la pieza de trabajo en el procesamiento por deformación y se producen las regiones generadoras, y

el defecto de forma de superficie consiste en arrugas producidas por el procesamiento por deformación durante el conformado por prensado,

comprendiendo el método:

un proceso (S11) de obtención de la primera distribución de tensión para obtener, por un método de elementos finitos, una primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ que es una distribución de una tensión de la pieza de trabajo en un primer instante T_1 de trabajo que es

sucede después del instante T_{START} de comienzo de procesamiento por deformación y antes del instante T_{END} de finalización del proceso por deformación en el que las regiones generadoras son generadas, y

en el que las regiones de origen son generadas;

un proceso (S12) de obtención de la segunda distribución de tensión para obtener una segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ que es una distribución de una tensión de la pieza de trabajo en un segundo instante T_2 de trabajo que sucede después del primer instante T_1 de trabajo y antes o al mismo tiempo que el instante T_{END} de finalización de procesamiento por deformación, por el método de elementos finitos;

un proceso (S13) de obtención de distribución de tensión comparativa para obtener una distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ que es una distribución de una tensión comparativa obtenida adquiriendo una diferencia o una relación de cambio de la tensión de cada elemento finito de la pieza de trabajo, basándose en una comparación de la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ y de la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$;

un proceso (S14) de obtención de distribución de tensión comparativa de división para obtener una distribución de tensión comparativas de división $\sigma_{DIV(T1,\ T2)}$ que es la distribución de tensión comparativas de cada una de las regiones divididas D_K, dividiendo la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ en una pluralidad de regiones divididas D_K; en el que

cuando la distribución de tensión comparativas $\sigma_{(T1,\ T2)}$ es dividida en la pluralidad de regiones divididas D_K , se realiza una de las siguientes etapas (a) a (c):

(a) en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ una primera región dividida $D_{1,}$ que incluye un elemento cuya tensión comparativa es mínima, es definida como una de la pluralidad de regiones divididas $D_{K,}$

en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida eliminando la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2),}$ una segunda región dividida D_2, que incluye un elemento cuya tensión comparativa es mínima, es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K, y

repetir el mismo proceso para definir la pluralidad de regiones divididas D_K;

(b) en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ una primera región dividida D_1 que incluye dos elementos de una combinación en que la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí resulta máxima, es definida como una de la pluralidad de regiones divididas $D_{K,}$

en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida eliminando la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ una segunda región dividida D_2 que incluye dos elementos de una combinación en que la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí resulta máxima, es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K, y

repetir el mismo proceso para definir la pluralidad de regiones divididas D_K;

(c) en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ una primera región dividida D_1 que incluye dos

elementos de una combinación en que un gradiente de diferencia obtenido dividiendo una diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por una distancia de separación resulta máxima es definida como una de la pluralidad de regiones divididas $D_{K„}$

en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$ obtenida eliminando la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2),}$ una segunda región dividida D_2 que incluye dos elementos de una combinación en que un gradiente de diferencia obtenido dividiendo una diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por una distancia de separación resulta máxima es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K, y

repetir el mismo proceso para definir la pluralidad de regiones divididas D_K;

un proceso (S15) de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie para estimar si cada una de las regiones divididas D_K es o no una región generadora del defecto de forma de superficie, en base a un índice α de evaluación de generación de defectos de forma de superficie adquirido con respecto a cada una de las regiones divididas D_K, mediante el uso de la distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1,\ T2)}$;

un proceso (S21) de división de regiones para especificar las regiones generadoras estimadas del defecto de forma de superficie como una región m_0 de referencia, y dividir la periferia de la región m_0 de referencia en una pluralidad de regiones periféricas m_k (k = 1, 2, 3, … n);

un proceso (S22) de obtención de la primera distribución de tensión de corrección para obtener la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la pieza de trabajo en el primer instante T_1 en un caso de cambio de un valor de tensión de una región periférica m_n arbitraria entre la pluralidad de regiones periféricas m_k para cada una de las regiones periféricas m_k en la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$;

un proceso (S23) de obtención de la segunda distribución de tensión de corrección para obtener una segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ para cada una de las regiones periféricas m_k continuando un análisis numérico a partir del estado de tensión de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ y realizar un análisis de formación con respecto a la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ mediante un método de elementos finitos hasta alcanzar el segundo instante T_2 de trabajo;

un proceso (S24) de obtención de distribución de tensión comparativa de corrección para obtener una distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1,\ T2)}$ que es la distribución de la tensión comparativa de corrección de la pieza de trabajo, comparando la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$, y adquiriendo una diferencia o relación de cambio de la tensión para cada uno de los elementos finitos, con respecto a cada una de las regiones periféricas m_k; y

un proceso (S25) de estimación de región de origen de defectos de forma de superficie para estimar si cada una de las regiones periféricas m_k es o no una región de origen de defectos de forma de superficie, basándose en si un valor comparativo $\beta_{(mk,\ m0)}$ es mayor o no que un valor de umbral, siendo el valor comparativo $\beta_{(mk,\ m0)}$ una diferencia o una relación de cambio entre un índice $\beta_{(mk)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie en la región m_0 de referencia adquirida mediante el uso de la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1,\ T2)}$ de cada una de las regiones periféricas m_k, y un índice $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie en la región m_0 de referencia adquirida mediante el uso de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1,\ T2)}$.

2. El método de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según la reivindicación 1, en el que los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie son los valores mínimos de la tensión comparativa de corrección.

3. El método de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según la reivindicación 1, en el que los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie son los valores máximos de una diferencia de la tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí.

4. El método de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según la reivindicación 1, en el que los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie son los valores máximos de un gradiente de diferencia obtenido dividiendo una diferencia en la tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación.

5. Un dispositivo (20) de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie para determinar regiones sujetas a defectos de arrugado durante un conformado por prensado estimando regiones de origen que corresponden a regiones generadoras de un defecto de forma de superficie de un producto procesado por deformación obtenido realizando un procesamiento por deformación con respecto a una pieza de trabajo desde un instante T_{START} de comienzo de procesamiento por deformación hasta un instante T_{END} de finalización de procesamiento por deformación, en el que

el instante T_{START} de comienzo del procesamiento por deformación es un instante cuando comienza una deformación plástica de la pieza de trabajo en el procesamiento por deformación,

el instante T_{END} de finalización del procesamiento por deformación es un instante cuando finaliza la deformación plástica de la pieza de trabajo en el procesamiento por deformación y se producen las regiones generadoras, y

el defecto de forma de superficie consiste en arrugas producidas por el procesamiento por deformación en el conformado por prensado,

comprendiendo el dispositivo:

una parte (11) de obtención de primera distribución de tensión que obtiene, por un método de elementos finitos, una primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ que es una distribución de una tensión de la pieza de trabajo en un primer instante T_1 de trabajo que sucede

después del instante T_{START} de comienzo de procesamiento por deformación y antes del instante T_{END} de finalización del proceso por deformación en el que las regiones generadoras son generadas, y

en el que las regiones de origen son generadas;

una parte (12) de obtención de segunda distribución de tensión que obtiene una segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$ que es una distribución de tensión de la pieza de trabajo en un segundo instante T_2 de trabajo que sucede después del primer instante T_1 de trabajo y antes o al mismo tiempo que el instante T_{END} de finalización de procesamiento por deformación, mediante el método de elementos finitos;

una parte (13) de obtención de distribución de tensión comparativa que obtiene una distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ que es una distribución de una tensión comparativa obtenida adquiriendo una diferencia o una relación de cambio de la tensión de cada elemento finito de la pieza de trabajo, basándose en la comparación de la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$ y la segunda distribución de tensión $\sigma_{(T2)}$;

una parte (14) de obtención de distribución de tensión comparativa de división que obtiene una distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$ que es la distribución de tensión comparativa de cada una de las regiones divididas D_K, dividiendo la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ en una pluralidad de regiones divididas D_K; en donde

cuando la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ es dividida en la pluralidad de regiones divididas D_K, se realiza una de las siguientes etapas (a) a (c):

(a) en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ una primera región dividida D_1 que incluye un elemento cuya tensión comparativa es mínima, es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K,

en la distribución de tensión comparativas $\sigma_{(T1, T2)}$ obtenida eliminando la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$, una segunda región dividida D_2 que incluye un elemento cuya tensión comparativa es mínima, es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K, y

se repite el mismo proceso para definir la pluralidad de regiones divididas D_K;

(b) en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ una primera región dividida D_1 que incluye dos elementos de una combinación en que la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí resulta máxima, es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K,

en la distribución de tensión comparativas $\sigma_{(T1, T2)}$ obtenida eliminando la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ una segunda región dividida D_2 que incluye dos elementos de una combinación en que la diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí resulta máxima es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K, y

se repite el mismo proceso para definir la pluralidad de regiones divididas D_K;

(c) en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ una primera región dividida D_1 que incluye dos elementos de una combinación en la que un gradiente de diferencia obtenido dividiendo una diferencia en una tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por una distancia de separación resulta máxima es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K,,

en la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$ obtenida eliminando la primera región dividida D_1 de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$, una segunda región dividida D_2 que incluye dos elementos de una combinación en que un gradiente de diferencia obtenido dividiendo una diferencia en tensión comparativa entre dos elementos separados entre sí por una distancia de separación resulta máxima es definida como una de la pluralidad de regiones divididas D_K, y

se repite el mismo proceso para definir la pluralidad de regiones divididas D_K;

una parte (15) de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie que estima si cada una de las regiones divididas D_K es o no una región generadora del defecto de forma de superficie, en base a un índice α de

evaluación de generación de defectos de forma de superficie adquirido con respecto a cada una de las regiones divididas D_K, mediante el uso de la distribución de tensión comparativa de división $\sigma_{DIV(T1, T2)}$;

una parte (21) de división de regiones que especifica las regiones generadoras estimadas del defecto de forma de superficie como una región m_0 de referencia, y divide la periferia de la región m_0 de referencia en una pluralidad de regiones periféricas m_k (k = 1, 2, 3, … n);

una parte (22) de obtención de la primera distribución de tensión de corrección que obtiene la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ de la pieza de trabajo en el primer instante T_1 de trabajo en el caso de un cambio de un valor de tensión de una región periférica m_n arbitraria entre la pluralidad de regiones periféricas m_k para cada una de las regiones periféricas m_k en la primera distribución de tensión $\sigma_{(T1)}$;

una parte (23) de obtención de la segunda distribución de tensión de corrección que obtiene una segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$ para cada una de las regiones periféricas m_k continuando un análisis numérico a partir del estado de tensión de la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ y realizando un análisis de formación con respecto a la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ mediante un método de elementos finitos hasta alcanzar el segundo instante T_2 de trabajo;

una parte (24) de obtención de distribución de tensión comparativa de corrección que obtiene una distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ que es la distribución de la tensión comparativa de corrección de la pieza de trabajo, comparando la primera distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T1)}$ y la segunda distribución de tensión de corrección $\sigma'_{(T2)}$, y adquiriendo una diferencia o relación de cambio de la tensión para cada uno de los elementos finitos, con respecto a cada una de las regiones periféricas m_k; y

una parte (25) de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie que estima si cada una de las regiones periféricas m_k es o no una región de origen de defectos de forma de superficie, basándose en si un valor comparativo $\beta_{(mk, m0)}$ es mayor que un valor de umbral o no, siendo el valor comparativo $\beta_{(mk, m0)}$ una diferencia o una relación de cambio de un índice $\beta_{(mk)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie en la región m_0 de referencia adquirida mediante el uso de la distribución de tensión comparativa de corrección $\sigma'_{(T1, T2)}$ de cada una de las regiones periféricas m_k, y un índice $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie en la región m_0 de referencia adquirido mediante el uso de la distribución de tensión comparativa $\sigma_{(T1, T2)}$.

6. El dispositivo de estimación de la región de origen de defectos de forma de superficie según la reivindicación 5 en el que los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie son los valores mínimos de la tensión comparativa de corrección.

7. El dispositivo de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según la reivindicación 5, en el que los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie son los valores máximos de una diferencia en la tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí.

8. El dispositivo de estimación de la región de generación de defectos de forma de superficie según la reivindicación 5, en el que los índices $\beta_{(mk)}$ y $\beta_{(m0)}$ de evaluación de origen de defectos de forma de superficie son los valores máximos de un gradiente de diferencia obtenido dividiendo una diferencia en tensión comparativa de corrección entre dos elementos separados entre sí por la distancia de separación.

9. Un programa que realiza el método de estimación de región generadora de defectos de forma de superficie según la reivindicación 1.

10. Un medio de grabación que es legible por un ordenador en el que se graba el programa según la reivindicación 9.

FIG. 1

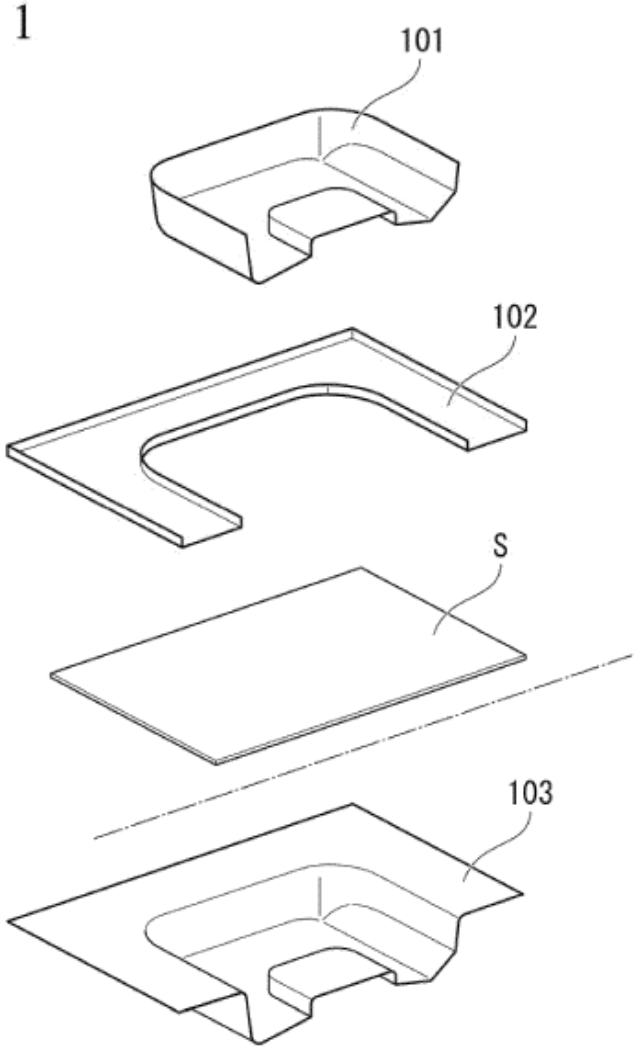

FIG. 2

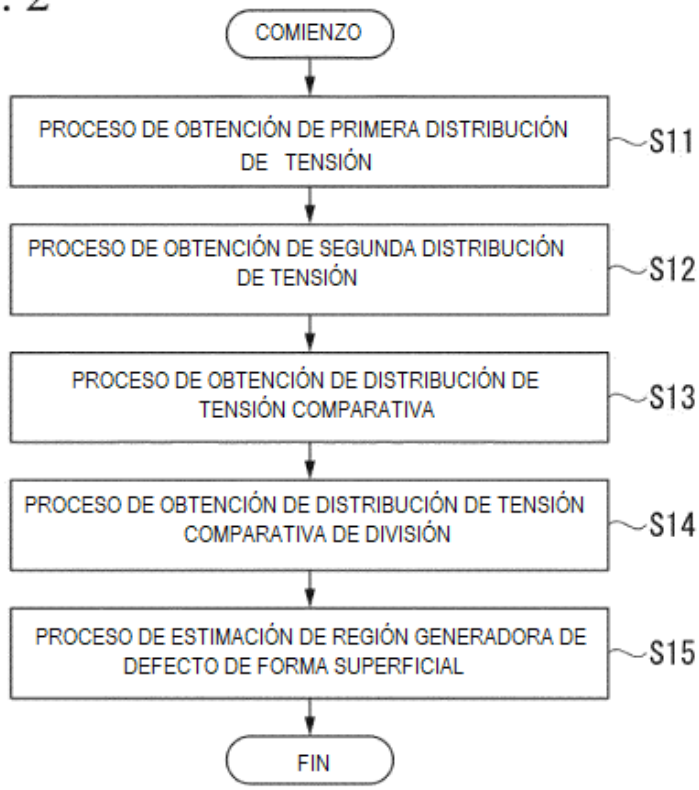
COMIENZO
PROCESO DE OBTENCIÓN DE PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN
S11
PROCESO DE OBTENCIÓN DE SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN
S12
PROCESO DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA
S13
PROCESO DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA DE DIVISIÓN
S14
PROCESO DE ESTIMACIÓN DE REGIÓN GENERADORA DE DEFECTO DE FORMA SUPERFICIAL
S15
FIN

FIG. 3

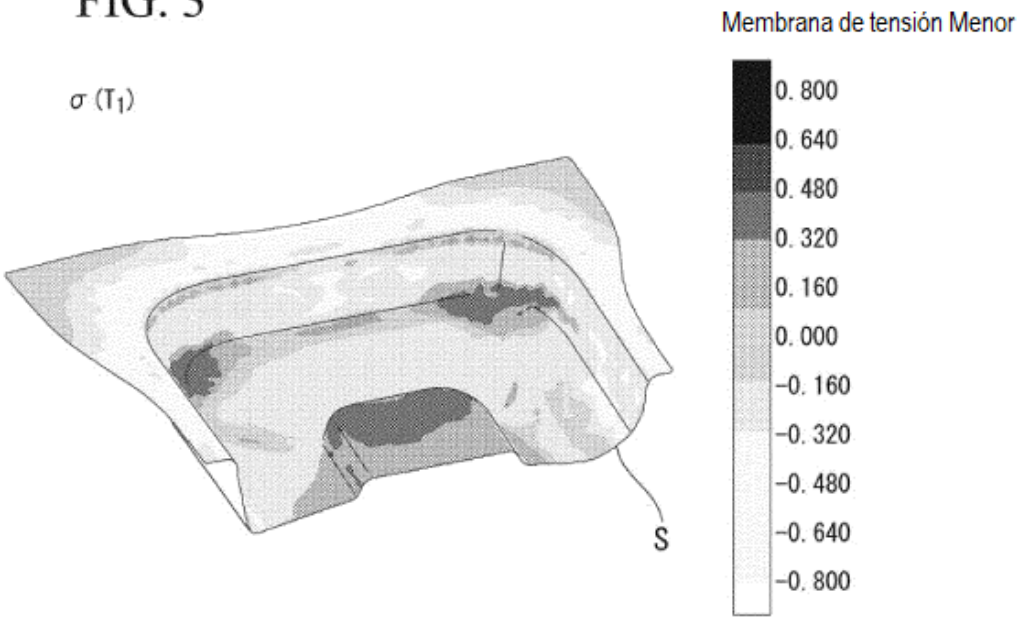
σ (T1)
S
Membrana de tensión Menor
0. 800
0. 640
0. 480
0. 320
0. 160
0. 000
−0. 160
−0. 320
−0. 480
−0. 640
−0. 800

FIG. 4

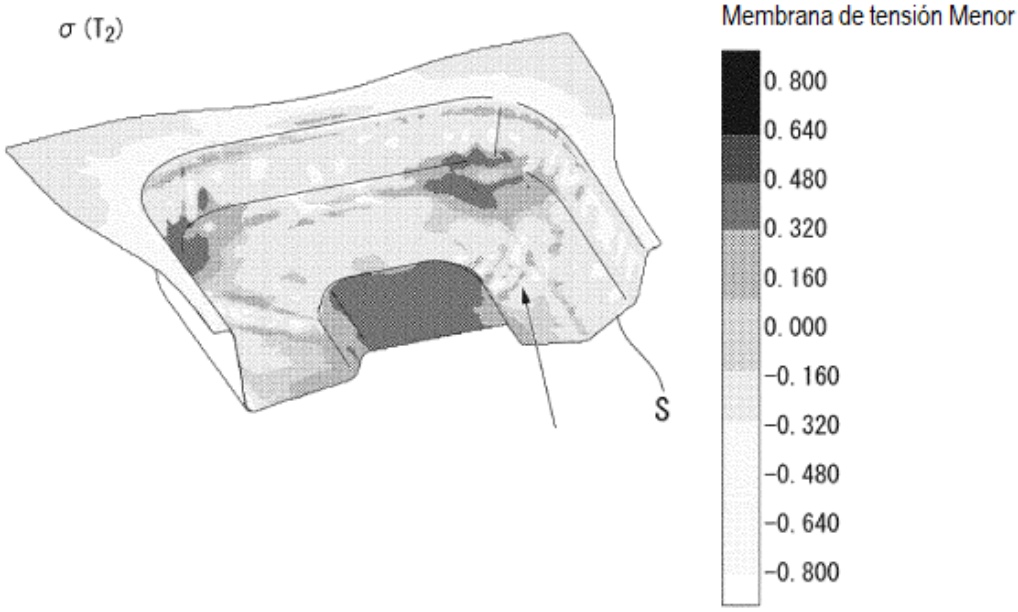
σ (T2)
S
Membrana de tensión Menor
0. 800
0. 640
0. 480
0. 320
0. 160
0. 000
−0. 160
−0. 320
−0. 480
−0. 640
−0. 800

FIG. 5

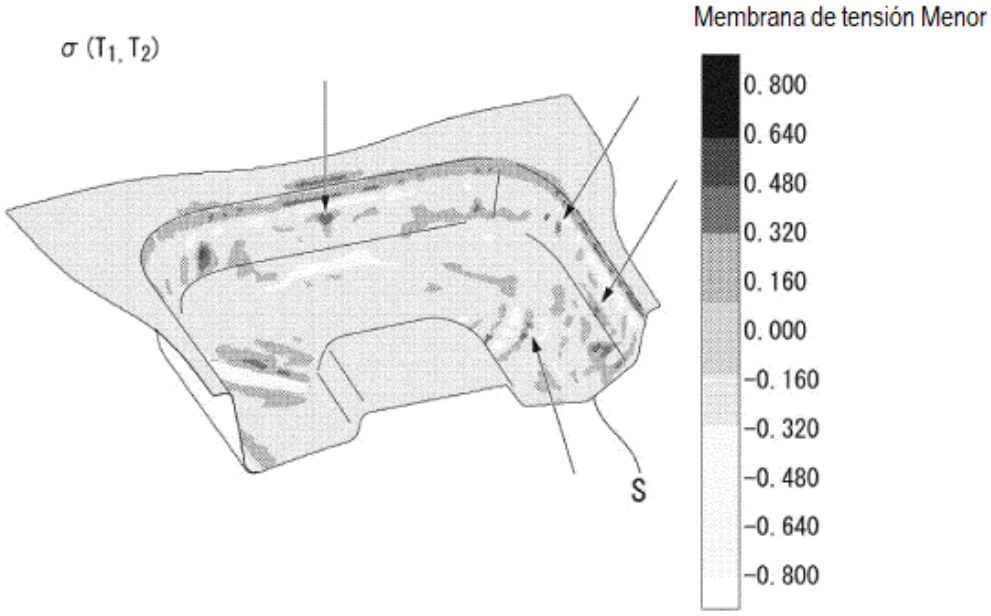
σ (T1, T2)
Membrana de tensión Menor
0. 800
0. 640
0. 480
0. 320
0. 160
0. 000
−0. 160
−0. 320
−0. 480
−0. 640
−0. 800
S

FIG. 6

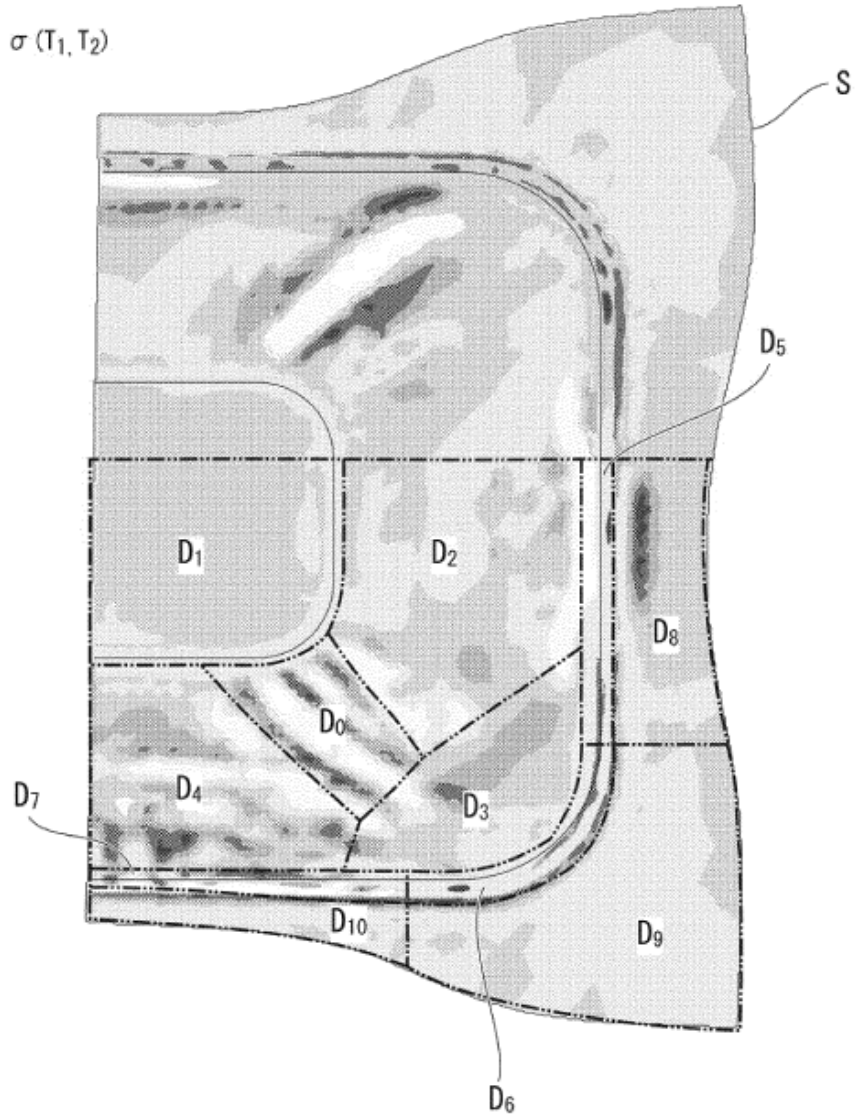

FIG. 7

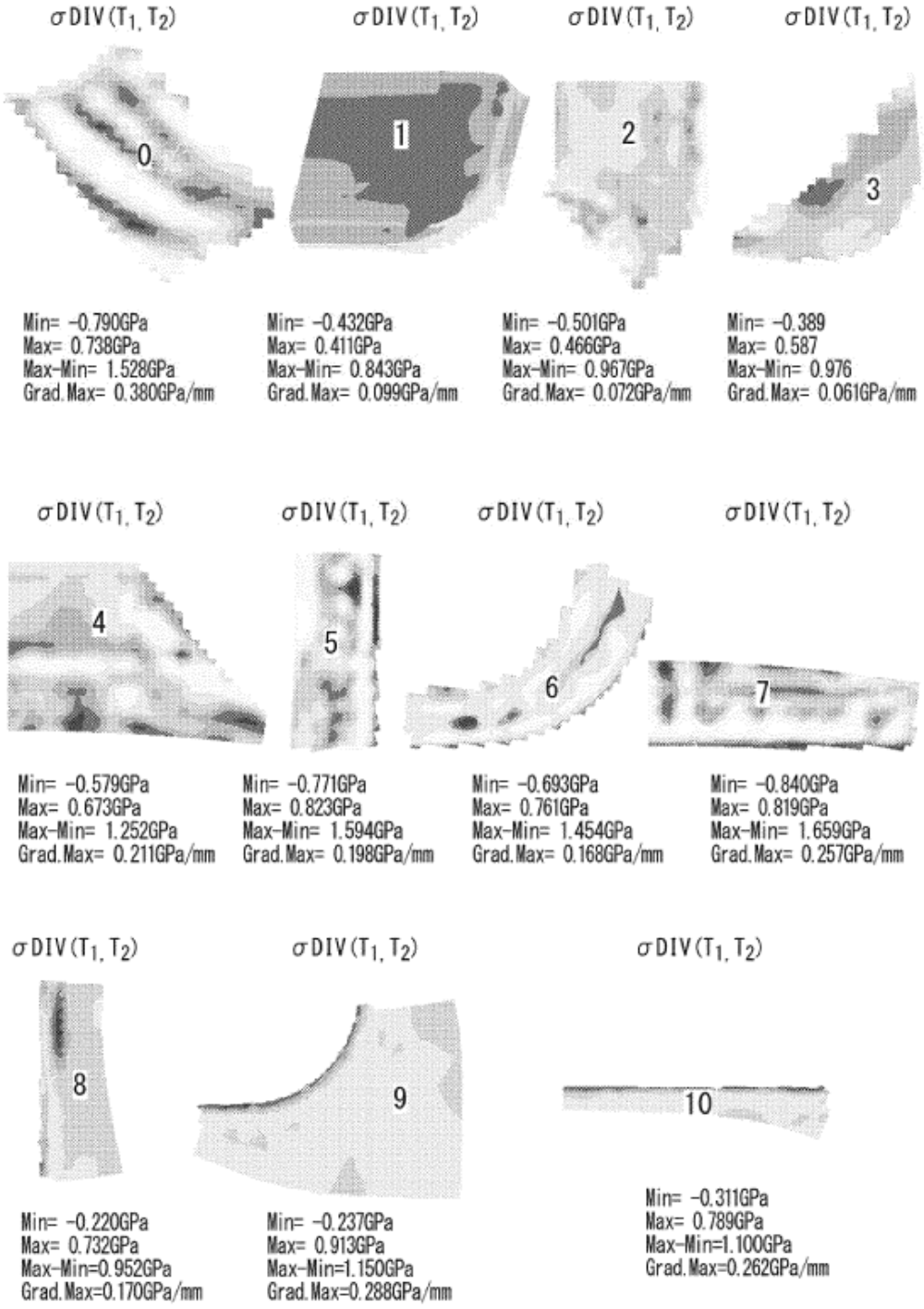
σDIV(T1, T2)
0
Min= -0.790GPa
Max= 0.738GPa
Max-Min= 1.528GPa
Grad.Max= 0.380GPa/mm
σDIV(T1, T2)
1
Min= -0.432GPa
Max= 0.411GPa
Max-Min= 0.843GPa
Grad.Max= 0.099GPa/mm
σDIV(T1, T2)
2
Min= -0.501GPa
Max= 0.466GPa
Max-Min= 0.967GPa
Grad.Max= 0.072GPa/mm
σDIV(T1, T2)
3
Min= -0.389
Max= 0.587
Max-Min= 0.976
Grad.Max= 0.061GPa/mm
σDIV(T1, T2)
4
Min= -0.579GPa
Max= 0.673GPa
Max-Min= 1.252GPa
Grad.Max= 0.211GPa/mm
σDIV(T1, T2)
5
Min= -0.771GPa
Max= 0.823GPa
Max-Min= 1.594GPa
Grad.Max= 0.198GPa/mm
σDIV(T1, T2)
6
Min= -0.693GPa
Max= 0.761GPa
Max-Min= 1.454GPa
Grad.Max= 0.168GPa/mm
σDIV(T1, T2)
7
Min= -0.840GPa
Max= 0.819GPa
Max-Min= 1.659GPa
Grad.Max= 0.257GPa/mm
σDIV(T1, T2)
8
Min= -0.220GPa
Max= 0.732GPa
Max-Min=0.952GPa
Grad.Max=0.170GPa/mm
σDIV(T1, T2)
9
Min= -0.237GPa
Max= 0.913GPa
Max-Min=1.150GPa
Grad.Max=0.288GPa/mm
σDIV(T1, T2)
10
Min= -0.311GPa
Max= 0.789GPa
Max-Min=1.100GPa
Grad.Max=0.262GPa/mm

FIG. 8

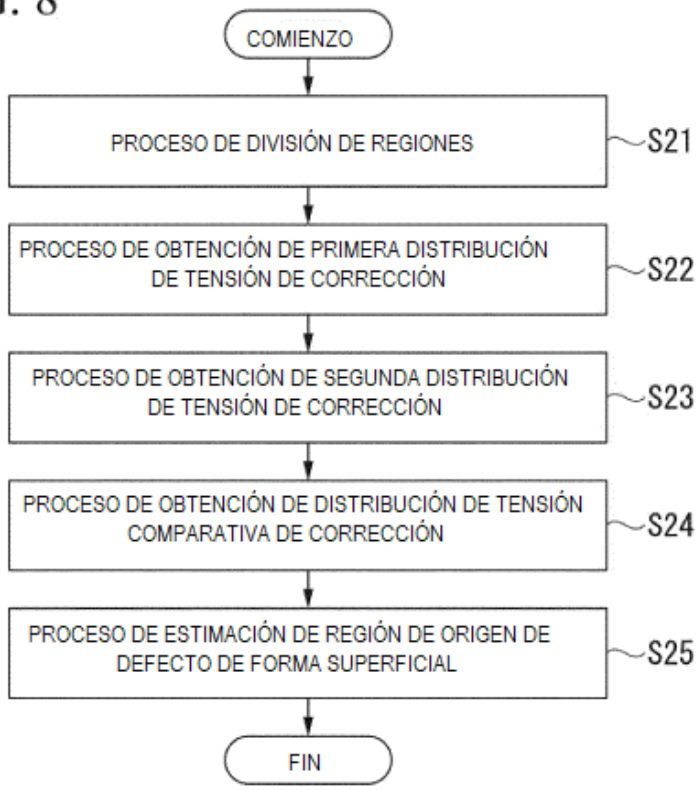
COMIENZO
PROCESO DE DIVISIÓN DE REGIONES
S21
PROCESO DE OBTENCIÓN DE PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN DE CORRECCIÓN
S22
PROCESO DE OBTENCIÓN DE SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN DE CORRECCIÓN
S23
PROCESO DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA DE CORRECCIÓN
S24
PROCESO DE ESTIMACIÓN DE REGIÓN DE ORIGEN DE DEFECTO DE FORMA SUPERFICIAL
S25
FIN

FIG. 9

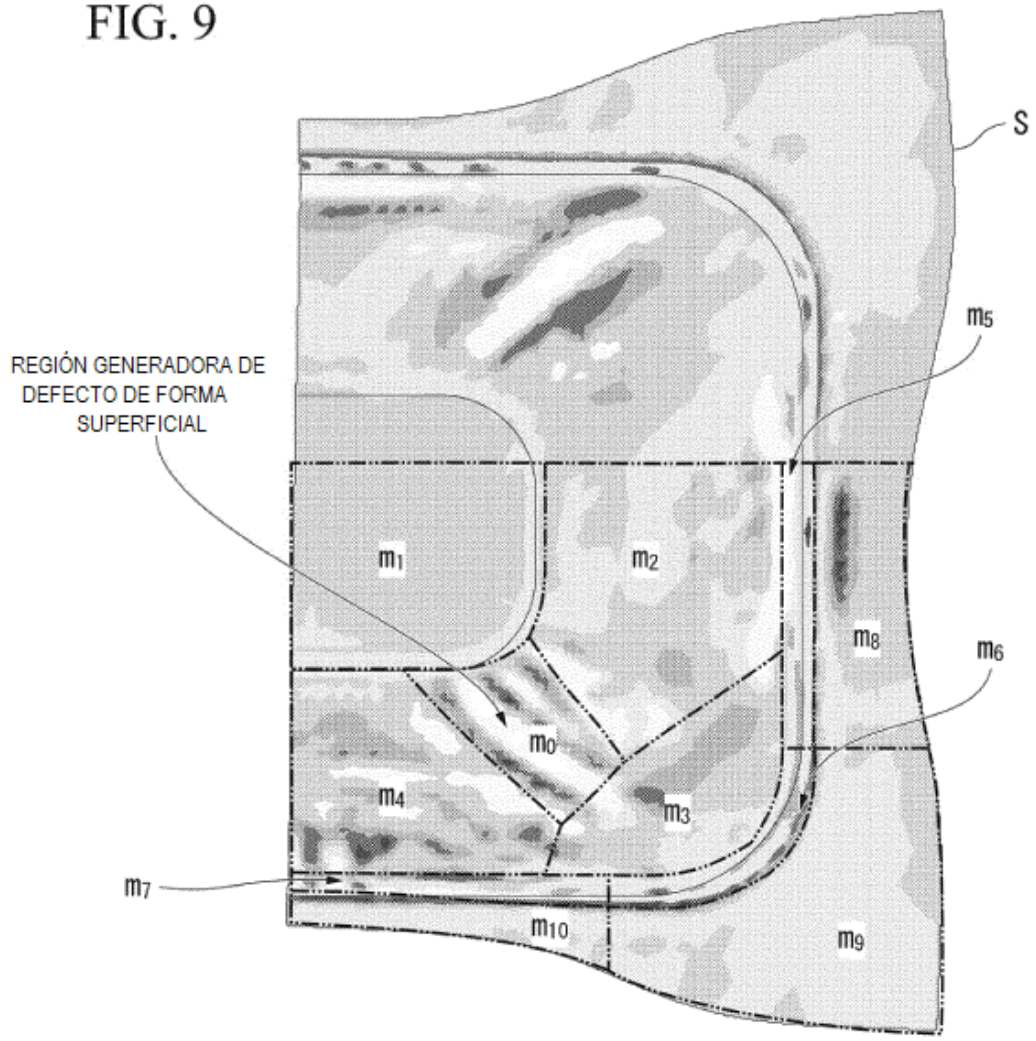
S
m5
REGIÓN GENERADORA DE DEFECTO DE FORMA SUPERFICIAL
m1
m2
m8
m6
m0
m4
m3
m7
m10
m9

FIG. 10

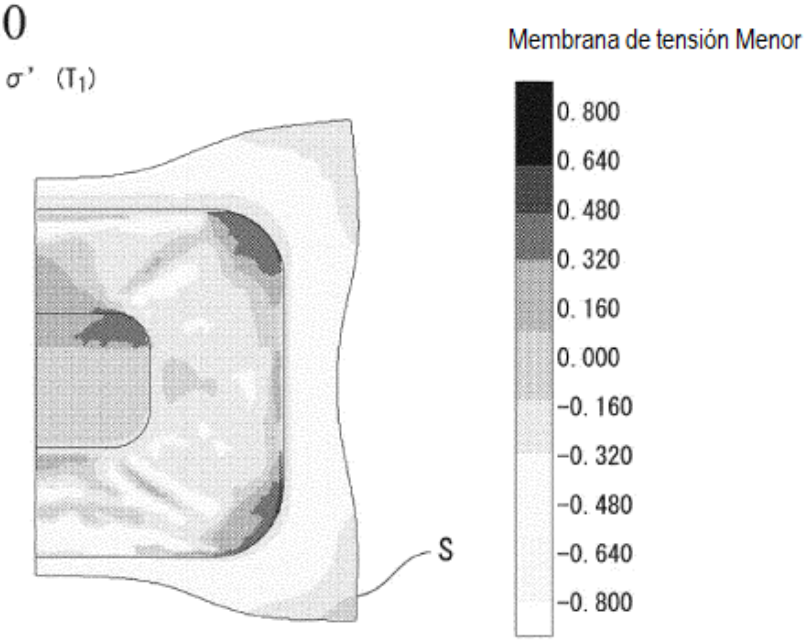
σ' (T1)
S
Membrana de tensión Menor
0. 800
0. 640
0. 480
0. 320
0. 160
0. 000
−0. 160
−0. 320
−0. 480
−0. 640
−0. 800

FIG. 11

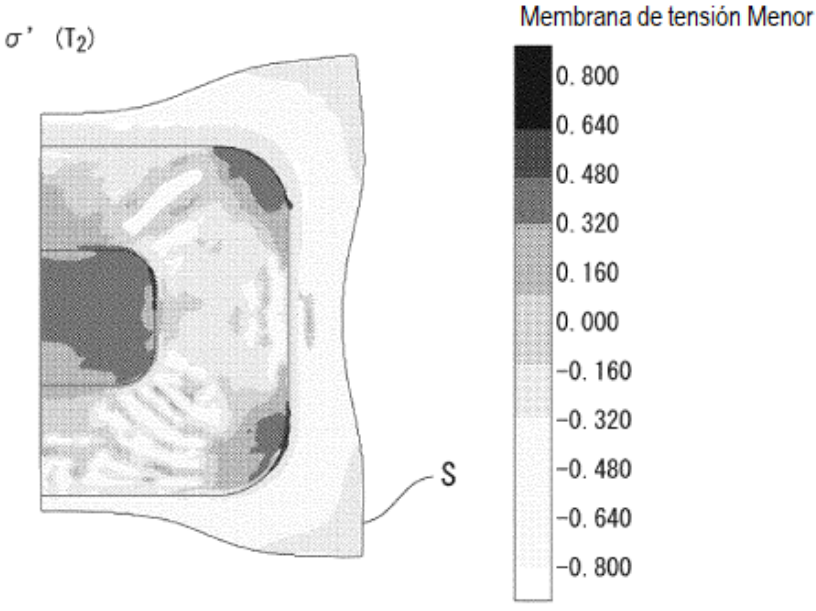
σ' (T2)
S
Membrana de tensión Menor
0. 800
0. 640
0. 480
0. 320
0. 160
0. 000
−0. 160
−0. 320
−0. 480
−0. 640
−0. 800

FIG. 12

$\sigma'(T_1, T_2)$

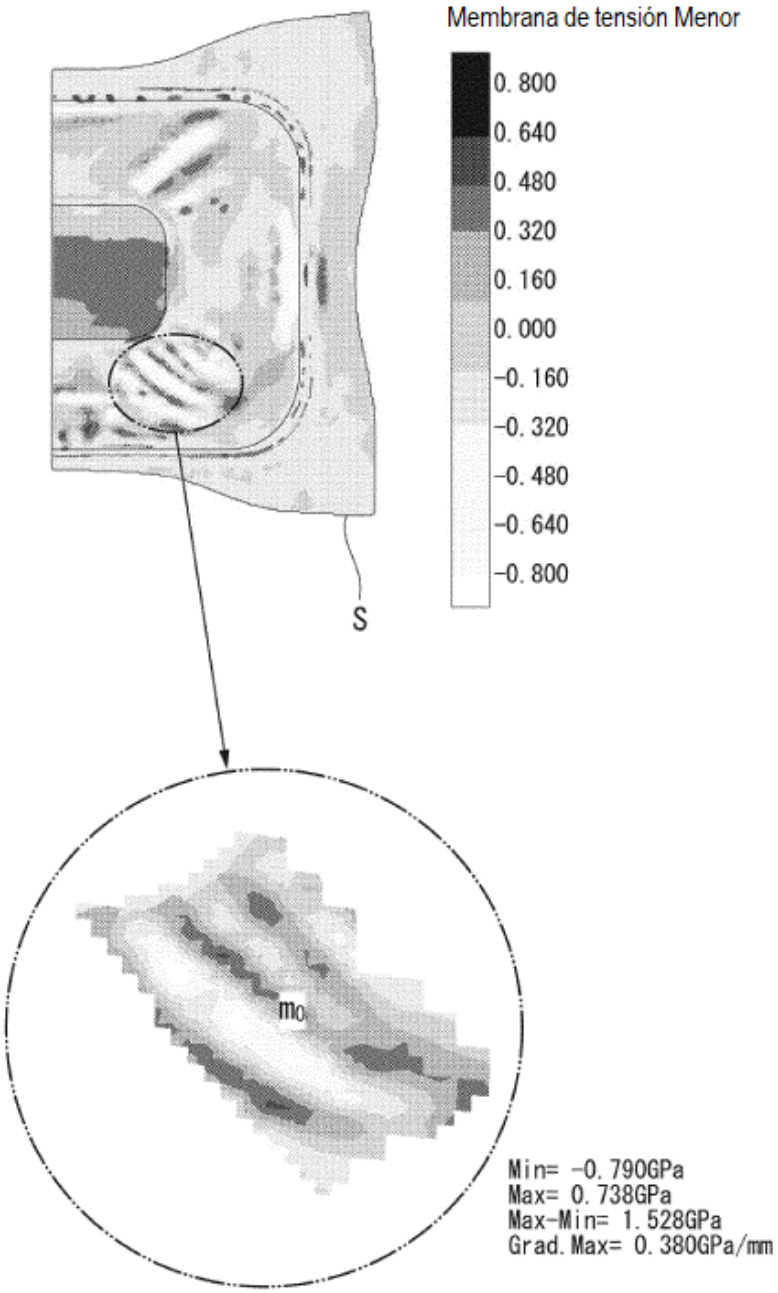

FIG. 13

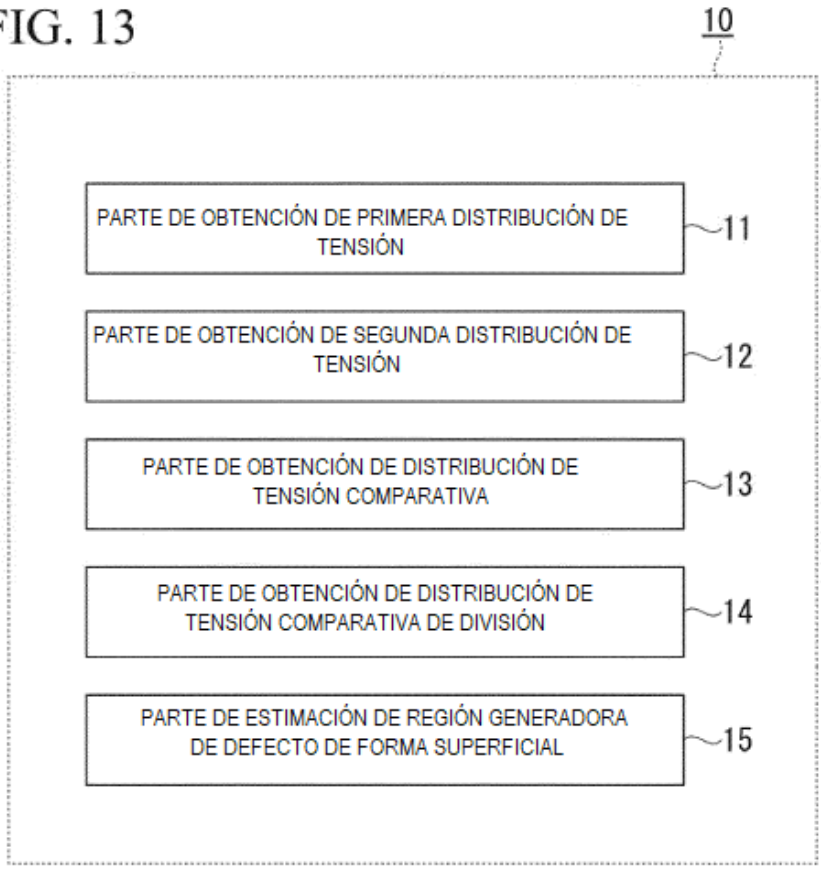
10
PARTE DE OBTENCIÓN DE PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN
11
PARTE DE OBTENCIÓN DE SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN
12
PARTE DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA
13
PARTE DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA DE DIVISIÓN
14
PARTE DE ESTIMACIÓN DE REGIÓN GENERADORA DE DEFECTO DE FORMA SUPERFICIAL
15

FIG. 14

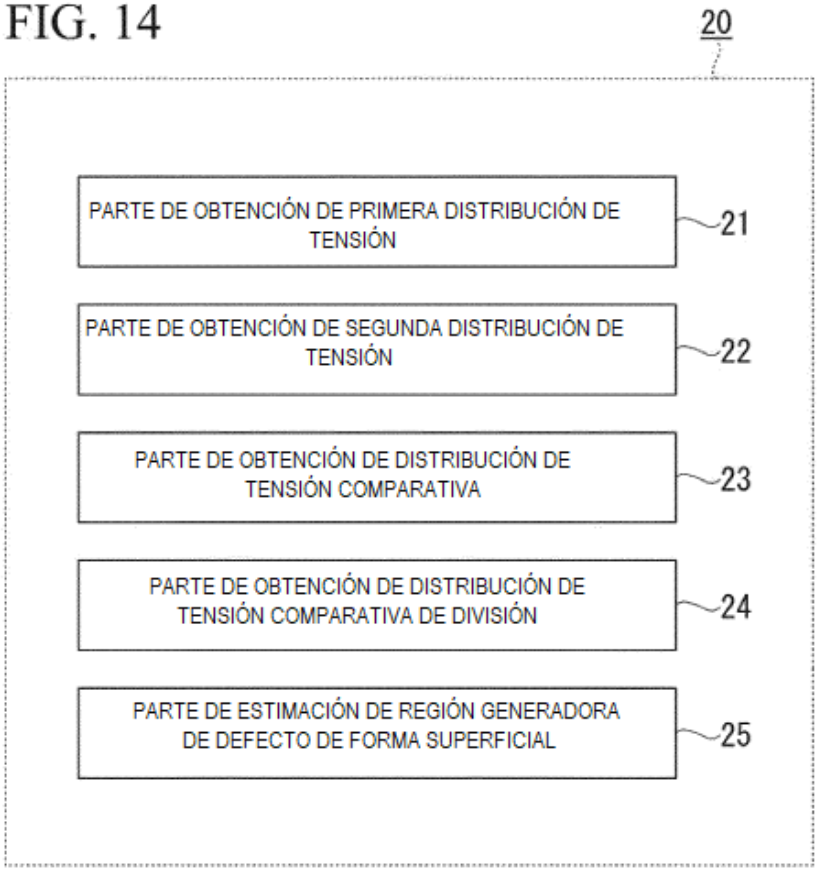
20
PARTE DE OBTENCIÓN DE PRIMERA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN
21
PARTE DE OBTENCIÓN DE SEGUNDA DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN
22
PARTE DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA
23
PARTE DE OBTENCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TENSIÓN COMPARATIVA DE DIVISIÓN
24
PARTE DE ESTIMACIÓN DE REGIÓN GENERADORA DE DEFECTO DE FORMA SUPERFICIAL
25

FIG. 15

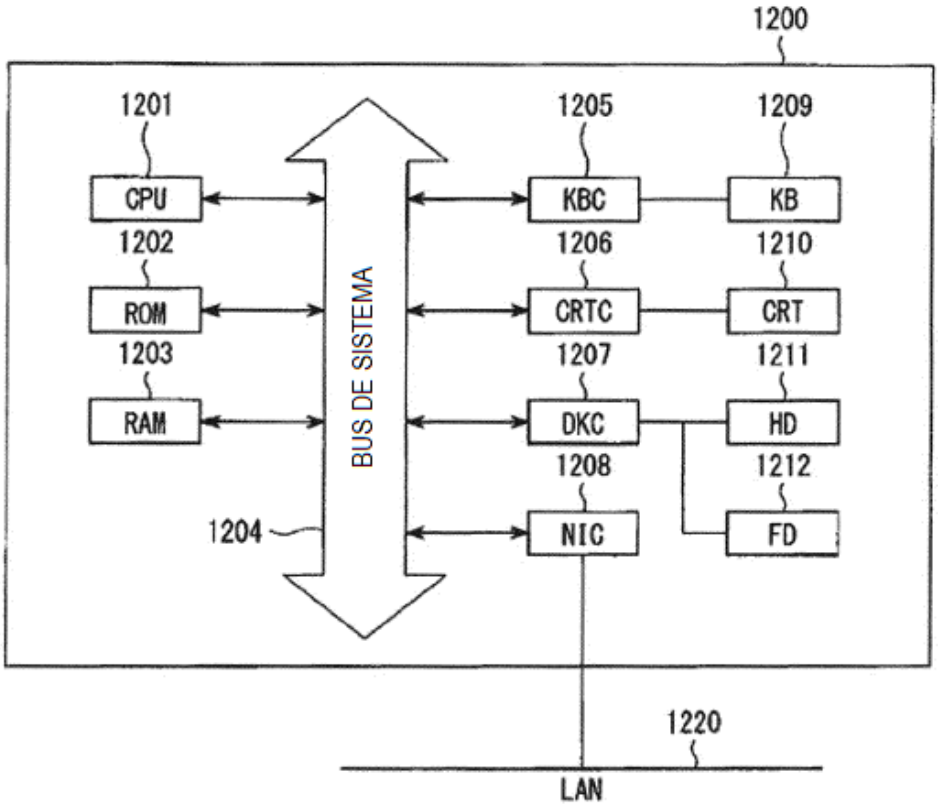
1200
1201
CPU
1202
ROM
1203
RAM
1204
BUS DE SISTEMA
1205
KBC
1206
CRTC
1207
DKC
1208
NIC
1209
KB
1210
CRT
1211
HD
1212
FD
1220
LAN

FIG. 16A

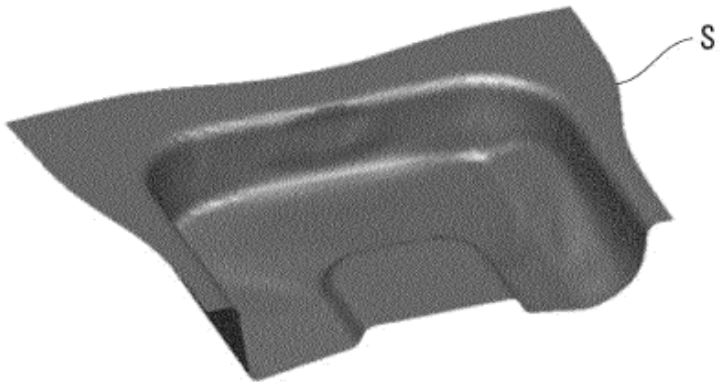
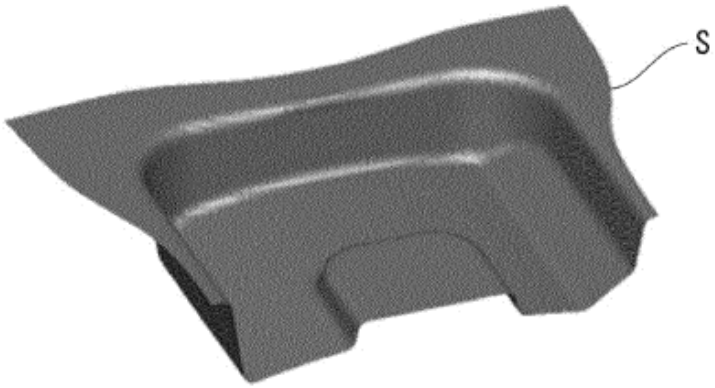
FIG. 16B