

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 807**

51 Int. Cl.:

G01N 3/00 (2006.01)

B23K 11/11 (2006.01)

B23K 31/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.04.2011 PCT/JP2011/058738**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2011 WO11126057**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2011 E 11765957 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2543982**

54 Título: **Método, dispositivo, programa y soporte de registro legible por ordenador para análisis de fallos de sección soldada por puntos**

30 Prioridad:

07.04.2010 JP 2010088271

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

05.12.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**YOSHIDA, HIROSHI;
NOMURA, NARUHIKO y
UENISHI, AKIHIRO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 692 807 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método, dispositivo, programa y soporte de registro legible por ordenador para análisis de fallos de sección soldada por puntos

5 La presente invención se refiere a un método, un dispositivo, y un programa para analizar una fractura de una porción soldada por puntos en una simulación de accidente automovilístico y similares, y a un soporte de almacenamiento legible por ordenador.

10 En la industria automotriz, recientemente se ha convertido en una necesidad urgente desarrollar una estructura de carrocería de automóvil que pueda reducir los daños a un pasajero en el momento de un choque. Es posible hacer que dicha estructura de carrocería de automóvil sea excelente en seguridad en caso de choque mediante la absorción de energía de impacto en el momento del choque por miembros estructurales excepto por una sección de pasajeros para minimizar la deformación de la sección de pasajeros y, de esta manera, asegurar el espacio de supervivencia. Es decir, es importante que los miembros estructurales absorban la energía de impacto.

10 Un miembro estructural principal que absorbe la energía de impacto en una colisión de vuelta completa o una colisión asimétrica de un automóvil es un miembro lateral frontal. Una sección transversal del miembro lateral frontal se cierra mediante soldadura por puntos después del estampado o similares. En general, un pandeo ocurre en dicho miembro lateral frontal para absorber la energía de impacto. Con el fin de mejorar la absorción de la energía de impacto, es importante estabilizar un modo de pandeo para no provocar una flexión o fractura a medio camino.

15 La soldadura por puntos del miembro tiene el problema de que, salvo que un intervalo de soldadura por puntos, un diámetro de pepita, y una condición de soldadura se optimicen para estabilizar el pandeo, una fractura ocurre desde el punto soldado durante el pandeo para provocar un modo de pandeo inestable, lo cual resulta en la reducción de absorción de la energía de impacto.

Con el fin de resolver este tipo de problemas, se han estudiado, de forma convencional, condiciones que realizan el pandeo estable sin provocar fractura alguna en un punto soldado por un miembro experimentalmente fabricado en intervalos de soldadura por puntos variados y mediante la conducción de un ensayo de pandeo.

20 El presente método, sin embargo, requiere pruebas y errores, es decir, la fabricación experimental y el ensayo son necesarios para cada automóvil y cada miembro. Ello tiene los problemas de que la fabricación es costosa y requiere un largo tiempo para el diseño.

25 Como un método para calcular un límite de fractura de una porción soldada por puntos, se han realizado, de manera convencional, varias propuestas y, por ejemplo, la Publicación de Patente de Japón abierta a inspección pública No. 2005-148053 describe un método en el cual un ensayo de tracción de cizallamiento o un ensayo de tracción transversal de una pieza de ensayo que tiene una porción soldada por puntos se lleva a cabo para encontrar, con antelación, una relación de una relación de un diámetro de pepita d con un ancho de la pieza de ensayo y un factor de concentración de tensión α , y cargas de límite de fractura del ensayo de tracción de cizallamiento y ensayo de tensión transversal se calculan para un material que tiene una resistencia a la tracción dada, por medio de lo cual una carga de límite de fractura en una nueva condición de ensayo o en una porción soldada por puntos de un miembro real se calcula.

30 Además, la Publicación de Patente de Japón abierta a inspección pública No. 2005-315854 describe un método en el cual se lleva a cabo un ensayo de tracción de un reborde que tiene una porción soldada por puntos, la eficacia de momento y se encuentra con antelación a partir de un momento de flexión aplicado a una porción de extremo de la porción soldada por puntos y un momento plástico de agotamiento M_p teóricamente calculado a partir de un grosor de lámina, un ancho de lámina, y una característica de resistencia de una lámina de muestreo, y de dicha eficacia de momento y y momento plástico de agotamiento M_p' a un material que tiene un grosor de lámina, ancho de lámina y característica de resistencia dadas, se calcula un momento de límite de fractura de una porción soldada por puntos en el ensayo de tracción de reborde.

35 Además, la Publicación de Patente de Japón abierta a inspección pública No. 2005-326401 describe un método en el cual según un ensayo de tracción transversal y/o ensayo de tracción de cizallamiento de una junta soldada por puntos, un parámetro de resistencia a la fractura de una porción soldada por puntos en la fuerza de tracción transversal y/o fuerza de tracción de cizallamiento se calcula a partir de todos o uno de una resistencia de material, un grosor de lámina, un diámetro de pepita de soldadura por puntos, un ancho de lámina de la junta, y un ángulo de rotación de la junta en el ensayo de tracción, el parámetro de resistencia a la fractura de cada tipo de acero se almacena, y el parámetro de resistencia a la fractura almacenado se introduce en una fórmula de predicción de fractura en la cual la deformación de una periferia de la soldadura por puntos se modela por un método de los elementos finitos, y se determina una fractura de la porción soldada por puntos.

Además, la Publicación de Patente de Japón abierta a inspección pública No. 2007-304005 describe un método en el cual, según un ensayo de tracción transversal y/o un ensayo de tracción de cizallamiento de una junta soldada por

5 puntos, algunos o todos de un grosor de lámina, un diámetro de pepita de soldadura por puntos, una resistencia de material de un material base, y un alargamiento de rotura, y uno o ambos de un intervalo de soldadura de junta y una longitud de junta perpendicular al intervalo de soldadura se ingresan en un ordenador, el ordenador calcula, a partir de los datos de entrada, un parámetro de alargamiento de rotura de una porción soldada por puntos en una fuerza de tracción transversal y/o fuerza de tracción de cizallamiento, el parámetro de alargamiento de rotura de cada tipo de acero se almacena en un almacenamiento de parámetros, el parámetro de alargamiento de rotura almacenado en el almacenamiento de parámetros se introduce en una fórmula de predicción de rotura en la cual la deformación de la periferia de la soldadura por puntos se modela por un método de los elementos finitos, y una rotura de la porción soldada por puntos se determina, por medio de lo cual una rotura de una porción soldada por puntos de, por ejemplo, un miembro automóvil, se predice en el análisis del método de los elementos finitos en el ordenador.

10 El documento US2007/0199924 describe un dispositivo de predicción de fractura para la porción soldada por puntos, el método de aquel, programa de ordenador, y soporte de registro legible por ordenador.

15 Sin embargo, en cualquiera de las bibliografías de patente, un valor de carga permisible antes de que ocurra una fractura completa después alcanzar de un valor de carga máxima permisible de la porción soldada no se encuentra. Además, ninguno de dichos métodos puede lidiar con una fractura de carga que es una fractura debido a la fuerza de tracción que actúa en una porción soldada por puntos (a la que, de aquí en adelante, también se hace referencia como una fractura de conector de material base tipo carga), una fractura de momento que es una fractura debido a un momento de flexión aplicado a una porción de extremo de una porción soldada por puntos (a la que, de aquí en adelante, también se hace referencia como una fractura de conector de material base tipo momento), y una fractura interior de pepita que es una fractura debido a una fuerza de cizallamiento que actúa en una porción soldada por puntos.

La presente invención ha tenido en cuenta los problemas de las técnicas convencionales descritas más arriba y tiene el objeto de hacer posible el hallazgo de un valor de carga permisible antes de que ocurra una fractura completa después de alcanzar un valor de carga máxima permisible de una porción soldada.

20 La presente invención se ha llevado a cabo como resultado de estudios esmerados para resolver los problemas mencionados más arriba. El problema de más arriba puede solucionarse por las características definidas en las reivindicaciones.

25 Según la presente invención, el valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de la porción soldada se encuentra según el modo de fractura predeterminado, y el desplazamiento o el tiempo en el cual el valor de carga permisible se convierte en 0 se descubre, lo cual hace posible encontrar el valor de carga permisible antes de que ocurra una fractura completa. Además, según una propiedad y un estado de carga de la porción soldada por puntos, es posible calcular un comportamiento de fractura correcto incluso cuando no se conoce con antelación qué modo de fractura ocurrirá. Además, el manejo cuando el número de chapas de acero es tres o más y la salida de la información detallada pueden facilitar la consideración de una técnica para la medida de prevención de fractura.

La invención se describe en detalle en conjunto con los dibujos, en los cuales:

30 La Figura 1 es un diagrama que muestra una estructura de un dispositivo de análisis de fractura para una porción soldada por puntos según la presente realización,
 la Figura 2 es una vista esquemática que muestra un esquema de un ensayo de tracción de cizallamiento,
 la Figura 3 es una vista en perspectiva que muestra un ejemplo de un miembro en el cual existen múltiples puntos de soldadura por puntos,
 la Figura 4 es una vista en sección transversal cuando tres chapas de acero A, B, C se apilan y se evalúa una fractura entre las chapas de acero A-B,
 la Figura 5A es un diagrama que muestra un método para reducir un valor de carga permisible en una fractura de carga,
 la Figura 5B es un diagrama que muestra un método para reducir un valor de carga permisible en una fractura de momento,
 la Figura 5C es un diagrama que muestra un método para reducir un valor de carga permisible en una fractura interior de pepita,
 la Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra etapas de cálculo en la presente realización,
 la Figura 7 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema informático que puede configurar el dispositivo de análisis de fractura para la porción soldada por puntos,
 la Figura 8 es una vista que muestra un ejemplo de un modelo de análisis usado en un ejemplo,
 la Figura 9A es una vista usada para explicar un estado de una fractura de una porción soldada por puntos al momento de un ensayo de aplastamiento dinámico de un miembro en un ejemplo y es una vista que muestra un resultado de análisis,
 la Figura 9B es una vista usada para explicar un estado de una fractura de una porción soldada por puntos al momento de un ensayo de aplastamiento dinámico del miembro en el ejemplo y es una vista que muestra, de

forma esquemática, una fotografía de un resultado de ensayo por medio de un gráfico, y la Figura 10 es una vista que muestra un ejemplo de un modelo de análisis usado en un ejemplo.

De aquí en adelante, se describirá una realización apropiada de la presente invención con referencia a los dibujos anexos.

5 La Figura 1 es un diagrama que muestra una estructura de un dispositivo de análisis de fractura 100 para una porción soldada por puntos según la presente realización. 101 denota una parte de entrada, en la cual se ingresan un grosor de lámina t , una resistencia a la tracción TS , un alargamiento EI , y una composición química de una porción de pepita en cada una de las chapas de acero soldadas por puntos, un diámetro de pepita d de una porción soldada, un ancho eficaz B determinado por una distancia entre porciones soldadas adyacentes, bordes o líneas dorsales, y una altura seccional H .

10 102a, 102b, 102c denotan una unidad de cálculo de valor de carga permisible máxima para una fractura de carga, una unidad de cálculo de valor de carga permisible máxima para una fractura de momento, y una unidad de cálculo de valor de carga permisible máxima para una fractura interior de pepita respectivamente, que analizan y calculan valores de carga máxima permisible de la porción soldada en un modo de fractura de carga, un modo de fractura de momento, y un modo de fractura interior de pepita respectivamente.

102d denota una unidad de cálculo de valor de carga permisible, que encuentra valores de carga permisible en todo momento después de alcanzar los valores de carga permisible máxima de la porción soldada calculada en las unidades de cálculo de valor de carga permisible máxima 102a a 102c, para encontrar un desplazamiento o un tiempo en el cual los valores de carga permisible se convierten en 0.

15 103 denota una unidad de salida, que produce información de fractura detallada obtenida por las unidades de cálculo de valor de carga permisible máxima 102a a 102c y la unidad de cálculo de valor de carga permisible 102d.

La Figura 2 es una vista que muestra un esquema de un ensayo de tracción de cizallamiento. Como se muestra en la Figura 2, en una pieza de ensayo, dos chapas de acero que son materiales base 2 que tienen, cada una, un ancho 4 de pieza de ensayo se apilan y sueldan por puntos, por medio de lo cual se forma una pepita 1. Dicha pieza de ensayo está sujeta a un ensayo de tracción hasta que la pieza de ensayo se fractura en una dirección de tracción que se muestra por las flechas 3. En este momento, se miden un desplazamiento de la pieza de ensayo en la dirección de tracción 3 y una carga. La fractura ocurre alrededor de la pepita 1 y, en este momento, un alargamiento se convierte en el más grande.

20 Las técnicas convencionales solo han sido aplicables a modos de fractura de una fractura de carga que es una fractura debido a la fuerza de tracción que actúa en una porción soldada por puntos (a la que, de aquí en adelante, también se hace referencia como una fractura de conector de material base tipo carga), y una fractura de momento que es una fractura debido a un momento de flexión aplicado a una porción de extremo de una porción soldada por puntos (a la que, de aquí en adelante, también se hace referencia como una fractura de conector de material base tipo momento), y un análisis que tiene en cuenta los múltiples modos de fractura no ha sido posible y, por consiguiente, ha habido, en ocasiones, un caso donde los resultados del análisis difieren ampliamente de los resultados experimentales.

25 Por lo tanto, en la presente realización, según el grosor de lámina t , la resistencia a la tracción TS , el alargamiento EI , y la composición química de la porción de pepita en cada una de las chapas de acero soldadas por puntos, el diámetro de pepita d de la porción soldada, el ancho eficaz B determinado por la distancia entre porciones soldadas adyacentes, bordes o líneas dorsales, y la altura seccional H , los valores de carga permisible máxima de la porción soldada en los respectivos modos de fractura de la fractura de carga, la fractura de momento, y la fractura interior de pepita se descubren, y cuando una cantidad de estado de la porción soldada por puntos alcanza el valor de carga permisible máxima de cualquiera de los modos de fractura, se evalúa que una fractura ocurre en el presente modo de fractura. Como resultado, según una propiedad y un estado de carga de la porción soldada por puntos, es posible calcular un comportamiento de fractura correcto incluso cuando no se conoce con antelación qué modo de fractura ocurrirá. Como la cantidad de estado de la porción soldada por puntos, una carga es utilizable para la fractura de carga y la fractura interior de pepita, y un momento es utilizable para la fractura de momento pero, en la presente solicitud, el término, el valor de carga máxima permisible, se usa también para la fractura de momento. Cuando se usa un método de los elementos finitos, la porción soldada se modela mediante el uso del elemento de viga y/o elemento sólido. Con respecto a las cargas y momentos aplicados en dichos elementos, sus valores se obtienen como cantidades que tienen, cada una, una dirección y una magnitud y, por lo tanto, son utilizables en el presente método de análisis de fractura.

35 Es preciso notar que el ancho eficaz B se determina por la distancia entre porciones soldadas adyacentes, bordes o líneas dorsales. De manera concreta, en una pieza de ensayo en la cual hay un punto de soldadura por puntos, es el ancho 4 de la pieza de ensayo correspondiente a una distancia entre bordes que se intercalan en el punto de soldadura por puntos como se muestra en la Figura 2. Cuando hay múltiples puntos de soldadura por puntos por ejemplo, en un miembro que se muestra en la Figura 3, es una distancia 6 a una soldadura por puntos adyacente

cuando una fuerza que actúa en la porción soldada es grande en una dirección perpendicular a una dirección longitudinal de miembro, y es una distancia 5 entre un borde y una línea dorsal que se intercalan en la porción soldada cuando la fuerza es grande en la dirección longitudinal de miembro.

5 El valor de carga máxima permisible de la fractura de momento se corrige, preferiblemente, por la altura seccional H. Además, al descubrir el valor de carga máxima permisible de la fractura interior de pepita, se usa, preferiblemente, un promedio ponderado de dirección de grosor de un equivalente de carbono de porción de pepita. La altura seccional H se refiere a una altura seccional de una estructura y se refiere a, por ejemplo, una altura que se muestra por el numeral de referencia 7 en la Figura 3.

10 En un método de corrección del valor de carga máxima permisible de la fractura de momento por la altura seccional H, es preferible, por ejemplo, que B' calculado por una función lineal de la altura seccional H expresado por la siguiente fórmula (1) se use como el ancho eficaz B determinado por la distancia entre porciones soldadas adyacentes, bordes o líneas dorsales, y la corrección se lleva a cabo de modo que el ancho eficaz B se reduce mientras la altura seccional H se vuelve más grande.

$$B' = B + a - b / (cH + d) \dots (1),$$

donde a, b, c, d son coeficientes.

15 Además, el valor de carga máxima permisible de la fractura de interior de pepita se establece como una función de la composición química de la porción de pepita y en la soldadura de chapas de acero diferente en la composición química, se usa un valor promedio ponderado según el grosor de lámina, por medio de lo cual es posible obtener un resultado de análisis más cercano a un resultado experimental.

20 Además, cuando hay tres chapas de acero soldadas o más, dos porciones soldadas por puntos o más donde las tres chapas de acero o más se unen están sujetas, de forma separada, a la determinación y, en este momento, como el grosor de lámina de la chapa de acero apilada en un lado de superficie posterior, se usa preferiblemente un grosor de lámina total de las chapas de acero apiladas en el lado de superficie posterior. La Figura 4 muestra un ejemplo donde tres chapas de acero A, B, C se apilan. En la soldadura por puntos, las láminas apiladas se presionan al intercalarse por electrodos y se calientan por corriente y, en este momento, las láminas se funden desde sus porciones centrales. Cuando dichas porciones se solidifican nuevamente, la unión de las láminas se completa, y la porción elíptica en la Figura 4 muestra, de forma esquemática, una pepita formada a través de la fusión-solidificación. Cuando se evalúa una fractura entre las chapas de acero A-B, mediante el uso de un valor de grosor de lámina total de las chapas de acero B y C en lugar del grosor de lámina del lado de chapa de acero B, es posible analizar, de forma exacta, la fractura incluso cuando hay tres chapas de acero soldadas o más.

25 Según la presente realización, los modos de fractura que incluyen la fractura interior de pepita y la carga de fractura se conocen y, además, la exactitud aumenta cuando la rigidez seccional es alta, cuando una fractura interior de pepita ocurre al unir chapas de acero diferentes en grado, cuando una fractura ocurre en porciones soldadas de tres láminas apiladas o más, e incluso cuando una fractura ocurre en una estructura con múltiples puntos de soldadura, lo cual facilita tomar una medida según el modo de fractura.

30 Además, después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de cada uno de los modos de fractura, el valor de carga permisible en todo momento se descubre según cada uno de los modos de fractura, y el desplazamiento o el tiempo en el cual el valor de carga permisible se convierte en 0 se descubre. En el caso de la fractura de carga y fractura de momento, después de que una mínima grieta ocurre en materiales base alrededor de la pepita, la grieta atraviesa una periferia de la pepita y el grosor de lámina de los materiales base, de modo que una fractura ocurre en la porción soldada por puntos. En general, dado que un material usado para una carrocería de automóvil tiene suficiente ductilidad, una reducción del valor de carga permisible debido al progreso de dicha grieta es lenta. Por otro lado, en el caso de la fractura interior de pepita, dado que una grieta ocurre en una pepita muy dura (metal de soldadura) y se propaga hacia la pepita de manera relativamente rápida, el valor de carga permisible en el presente caso se reduce rápidamente. La Figura 5A es un diagrama que muestra un método de reducción del valor de carga permisible en la fractura de carga, la Figura 5B es un diagrama que muestra un método de reducción del valor de carga permisible en la fractura de momento, y la Figura 5C es un diagrama que muestra un método de reducción del valor de carga permisible en la fractura interior de pepita. El eje horizontal representa el desplazamiento, y este representa un desplazamiento relativo entre dos materiales base unidos mediante soldadura por puntos. El desplazamiento antes de que el valor de carga permisible se convierta en 0, es decir, antes de que ocurra una fractura completa después de alcanzar el valor de carga permisible máxima, puede usarse mediante referencia al grosor de lámina, diámetro de pepita, y así sucesivamente. De manera incidental, en el análisis numérico, el cálculo se lleva a cabo, con frecuencia, bajo una condición de velocidad fija, con un tiempo siendo una variable de control y, en el presente caso, el valor de carga permisible puede reducirse mediante el uso del tiempo en lugar del desplazamiento.

35 Las cargas que actúan en la porción soldada por puntos incluyen una fuerza aplicada de forma perpendicular en la porción soldada (pepita) (fuerza axial), una fuerza que cizalla la pepita (fuerza de cizallamiento), y la flexión de la

pepita (momento). Asimismo, en el análisis numérico, dichos tres tipos de componentes de fuerza se calculan en todo momento, se comparan con los valores de carga permisible máxima y, cuando se alcanza el valor de carga permisible máxima, se determina que ocurre una fractura. Las Figuras 5A a 5C muestran ejemplos de cómo las fuerzas aplicadas a una porción soldada cambian después de alcanzar el valor de carga máxima permisible. Por ejemplo, la Figura 5A y Figura 5C muestran casos donde la fuerza axial (la curva superior en los dibujos) es más alta que la fuerza de cizallamiento (la curva inferior en los dibujos), y muestran que ambas fuerzan se reducen después de alcanzar el valor de carga máxima permisible representado por la línea vertical. Es preciso notar que difiere, de caso a caso, cuál de la fuerza de cizallamiento y la fuerza axial es más alta, y la Figura 5A y Figura 5C solo muestran ejemplos.

Además, mediante la creación de un programa que puede ejecutar el método de análisis de fractura descrito más arriba en un ordenador, es posible ejecutar un programa de ordenador de análisis de fractura para una porción soldada por puntos para hacer que un ordenador ejecute: el procesamiento para encontrar un valor de carga máxima permisible de una porción soldada en un modo de fractura predeterminado según al menos uno de un grosor de lámina t , una resistencia a la tracción TS , un alargamiento EI , y una composición química de una porción de pepita en cada una de las chapas de acero soldadas por puntos, un diámetro de pepita d de la porción soldada, un ancho eficaz B de la porción soldada determinado por una distancia entre porciones soldadas adyacentes, bordes o líneas dorsales, y una altura seccional H ; y el procesamiento para encontrar un valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de la porción soldada, según el modo de fractura predeterminado, para descubrir un desplazamiento o un tiempo en el cual el valor de carga permisible se convierte en 0, y mediante la grabación del programa en un soporte de almacenamiento legible por ordenador, es posible llevar a cabo la versatilidad que permite el uso por muchos usuarios.

La Figura 6 es un diagrama que muestra etapas de cálculo en la presente realización.

En primer lugar, se lee la información de entrada (Etapa E1). Los artículos de entrada cuando las chapas de acero A, B se sueldan por puntos se muestran en la Tabla 1. Los artículos de entrada usados para la determinación difieren según cada modo de fractura, pero el uso de todos los artículos de entrada aquí enumerados permite la evaluación para todos los modos de fractura y permite conocer el modo de fractura cuando se alcanza el valor de carga permisible primero.

[Tabla 1]

		modo de fractura de carga	modo de fractura de momento	modo de fractura interior de pepita
chapa de acero	chapa de acero A	grosor de lámina	0	0
		resistencia a la tracción	0	0
		alargamiento	0	0
		componente		0
	chapa de acero B	grosor de lámina	0	0
		resistencia a la tracción	0	0
		alargamiento	0	0
		componente		0
porción soldada	diámetro de pepita	0	0	
forma	ancho eficaz	0	0	
	altura seccional		0	

A continuación, mediante el uso de los artículos de entrada marcados por los círculos en la Tabla 1 según los modos de fractura de la fractura de carga, la fractura de momento, y la fractura interior de pepita, los valores de carga máxima permisible de la porción soldada se calculan (Etapa E2).

En la presente invención, como un método para calcular el valor de carga máxima permisible en cada uno de los modos de fractura, se usa el siguiente método.

En primer lugar, en el caso de la fractura de carga, un método preferible es que se lleve a cabo un ensayo de tracción de cizallamiento o un ensayo de tracción transversal de una pieza de ensayo que tiene una porción soldada por puntos, una relación entre una relación d/W del diámetro de pepita d (mm) con respecto a un ancho W (mm) de la pieza de ensayo y un factor de concentración de tensión α descubierto por la fórmula (2) se descubre con antelación, y con respecto a un material objetivo que tiene una resistencia a la tracción dada, un valor de carga máxima permisible $F_s(N)$ de una porción soldada por puntos en el ensayo de tracción de cizallamiento se calcula

mediante la fórmula (3).

$$\alpha = T S \cdot W \cdot t / F \dots (2)$$

Aquí,

TS: resistencia a la tracción (MPa), t: grosor (mm) de la pieza de ensayo, F: fuerza de tracción de límite de fractura (N)

$$F_s = T S \cdot W \cdot t / \alpha \dots (3)$$

- 5 Además, en el caso de la fractura de momento, un método preferible es que se lleve a cabo un ensayo de tracción de un reborde que tiene una porción soldada por puntos, la eficacia de momento γ descubierta por la fórmula (4) se descubre con antelación a partir de un momento de flexión $M(N \cdot m)$ aplicado a una porción de extremo de la porción soldada por puntos y un momento plástico de agotamiento $M_p(N \cdot m)$ se encuentra, en teoría, a partir de un grosor de lámina, un ancho de lámina, y una característica de resistencia de un material de ensayo, y un valor de carga máxima permisible (momento permisible máximo) $M_{lim}(N \cdot m)$ de la porción soldada por puntos en el ensayo de tracción de reborde se calcula mediante la fórmula (5) de la eficacia de momento γ y un momento plástico de agotamiento M_p a un material que tiene un grosor de lámina, ancho de lámina, y característica de resistencia dados.

10
$$\gamma = M_p / M \dots (4)$$

$$M_{lim} = M_p / \gamma \dots (5)$$

Además, en el caso de la fractura interior de pepita, un método preferible es que, por ejemplo, un valor de carga máxima permisible $F_s(N)$ de una porción soldada por puntos se calcule mediante la siguiente fórmula (6), mediante el uso de un promedio ponderado de dirección de grosor C_{eq} de un equivalente de carbono de porción de pepita expresado por la siguiente fórmula (7).

15
$$F_s = e \times \Pi (d / 2)^2 \times (f \times C_{eq} + g) \dots (6)$$

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n \{ t_i \cdot C_{eq}^i \} / \sum_{i=1}^n \{ t_i \} \dots (7)$$

Aquí, d: diámetro de pepita (mm), C_{eq} : promedio ponderado de dirección de grosor del equivalente de carbono de porción de pepita, t: grosor (mm) de la pieza de ensayo, i: tipo de pieza de ensayo soldada (i = 1 a n), e, f, g: coeficiente.

- 20 Luego, en todo momento, una variable de estado en cada modo según una salida de carga.momento de un elemento soldado por puntos se calcula (Etapa E3). Es preciso notar que el elemento soldado por puntos no solo es uno formado por un elemento finito en el método de los elementos finitos sino que también es uno formado por múltiples elementos finitos en algunas ocasiones.

A continuación, el valor de carga máxima permisible en la Etapa E2 y la variable de estado en la Etapa E3 se comparan para cada uno de los modos de fractura (Etapa E4).

- 25 Cuando el valor de estado de cualquiera de los modos alcanza el valor de carga máxima permisible, se determina, de allí en adelante, que la fractura ha ocurrido, el valor de carga permisible se reduce según desplazamientos relativos posteriores (deformaciones) del elemento soldado por puntos, y un desplazamiento o un tiempo en el cual el valor de carga permisible se convierte en 0 se descubre (Etapa E5).

Después de finalizar el cálculo de todos los procesos, se produce la información de fractura detallada (Etapa E6).

- 30 Como la salida de la información de fractura detallada según la cual se evalúa que la fractura ha ocurrido, no solo el resultado a los fines de que la fractura ha ocurrido sino también el modo de fractura, el valor de carga máxima permisible, y el valor de carga permisible se producen, de modo que la salida puede usarse como información de estudio con respecto a una causa de la fractura y mejora.

Los miembros en una forma arbitraria unidos por la soldadura por puntos se modelan mediante el uso del método de los elementos finitos en el ordenador y, en este momento, una deformación plástica equivalente ϵ_p de un elemento que une los miembros, que es un modelo de soldadura por puntos, se calcula posteriormente por el ordenador durante la deformación en el análisis de choque reproducido por el método de los elementos finitos. Un medio para calcular dicha deformación plástica equivalente ϵ_p reside en un código de análisis de propósito general y, por ejemplo, se hace referencia al manual de usuario PAM-CRASH v2002 de ESI GmbH.

Mediante ello, es posible predecir, de forma exacta, la determinación de fractura de la soldadura por puntos en el ordenador sin fabricación real alguna de miembros y verificación por una prueba de choque. El uso del presente método hace posible examinar, en el ordenador, condiciones bajo las cuales no ocurre fractura alguna en la soldadura por puntos, mediante la variación de la forma del miembro, el material, el grosor de lámina, el diámetro de pepita, y la posición de soldadura, lo cual permite el diseño del miembro óptimo.

La Figura 7 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un sistema informático que puede configurar un dispositivo de análisis de fractura para una porción soldada por puntos. En el presente dibujo, 1200 denota un ordenador (PC, por sus siglas en inglés). 1201 denota una CPU 1201, que ejecuta el software de control de dispositivo almacenado en una ROM 1202 o disco duro (HD, por sus siglas en inglés) 1211 o provisto desde una unidad de disco flexible (FD, por sus siglas en inglés) 1212 a dispositivos de control centrales conectados a un bus de sistema 1204. Cada medio de función se configura por un programa almacenado en la CPU 1201, la ROM 1202, o el disco duro (HD) 1211 del PC 1200.

1203 denota una RAM, que funciona como una memoria principal, una área de trabajo, etc. de la CPU 1201. 1205 denota un controlador de teclado (KBC, por sus siglas en inglés), que lleva a cabo el control para ingresar, en una estructura principal del sistema, una entrada de señal de un teclado (B) 1209. 1206 denota un controlador de visualización (CRTC, por sus siglas en inglés), que controla la visualización en un dispositivo de visualización (CRT, por sus siglas en inglés) 1210. 1207 denota un controlador de disco (DKC, por sus siglas en inglés), que controla los accesos al disco duro (HD) 1211 que almacena un programa de inicio (programa de arranque: un programa que inicia la ejecución (funcionamiento) de hardware y software del ordenador personal), múltiples programas de aplicación, un archivo de edición, un archivo de usuario, un programa de administración de red, etc., y al disco flexible (FD) 1212.

1208 denota una tarjeta de interfaz de red (NIC, por sus siglas en inglés), que intercambia datos de forma bidireccional con una impresora de red, otros dispositivos de red u otros PC mediante una LAN 1220.

Las funciones descritas más arriba se llevan a cabo también por el ordenador que ejecuta un programa. Además, un medio para suministrar el programa al ordenador, por ejemplo, un soporte de almacenamiento legible por ordenador que graba dicho programa como, por ejemplo, CD-ROM, o un medio de transmisión que transmite dicho programa como, por ejemplo, Internet, también es aplicable como una realización de la presente invención. Además, un producto de programa como, por ejemplo, un soporte de almacenamiento legible por ordenador que graba el programa mencionado más arriba también es aplicable como una realización de la presente invención. El programa, soporte de almacenamiento, medio de transmisión y producto de programa mencionados más arriba se incluyen en el alcance de la presente invención. Como el soporte de almacenamiento, son utilizables, por ejemplo, un disco flexible, un disco duro, un disco óptico, un disco magneto-óptico, CD-ROM, una cinta magnética, una memoria permanente, ROM, etc.

Mediante el uso de dicha configuración de dispositivo, es posible realizar un dispositivo de análisis de fractura para una porción soldada por puntos que es un dispositivo de análisis de fractura usado en el método de análisis de fractura descrito más arriba para la porción soldada por puntos, el dispositivo incluye: un medio para encontrar un valor de carga máxima permisible de una porción soldada en un modo de fractura predeterminado según al menos uno de un grosor de lámina t , una resistencia a la tracción TS , un alargamiento EI , y una composición química de una porción de pepita en cada una de las chapas de acero soldadas por puntos, un diámetro de pepita d de la porción soldada, un ancho eficaz B de la porción soldada determinado por una distancia entre porciones soldadas adyacentes, bordes o líneas dorsales, y una altura seccional H ; y un medio para encontrar un valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de la porción soldada, según el modo de fractura predeterminado, para encontrar un desplazamiento o un tiempo en el cual el valor de carga permisible se convierte en 0.

Además, en el análisis del método de los elementos finitos en el ordenador, dado que es posible predecir, de forma exacta, una fractura en una porción que se modela en la soldadura por puntos de, por ejemplo, un miembro de automóvil, es posible omitir la verificación de la fractura de la porción soldada por puntos en el tiempo de una prueba de choque de un miembro de automóvil real. De manera alternativa, es posible reducir ampliamente el número de veces de ensayos de verificación. Además, un diseño de miembro que previene la fractura de soldadura por puntos según la fabricación experimental de un miembro de automóvil bajo condiciones de soldadura por puntos variadas y un experimento a gran escala de una prueba de choque pueden reemplazarse por un diseño que previene la fractura de la porción soldada por puntos según el análisis de choque en el ordenador, que puede contribuir a una gran reducción de costes y a una reducción de un período de diseño y desarrollo.

EJEMPLO

Modelos de análisis usados en ejemplos de la presente invención se muestran en la Tabla 2. Por ejemplo, un ejemplo 14 de la invención es un ejemplo donde los valores de carga máxima permisible en todos del modo de fractura de carga, modo de fractura de momento, y modo de fractura interior de pepita se encuentran y valores de carga permisible en todo momento después de alcanzar los valores de carga máxima permisible se descubren.

Además, el valor de carga máxima permisible de la fractura de momento se corrige por la altura seccional H y, al encontrar el valor de carga máxima permisible de la fractura interior de pepita, se usa un promedio ponderado de dirección de grosor del equivalente de carbono de porción de pepita. Además, cuando el número de chapas de acero soldadas es tres o más, dos porciones soldadas por puntos o más donde las tres chapas de acero o más se unen están sujetas, de forma separada, a la determinación y, en este momento, como el grosor de lámina de la chapa de acero apilada en el lado de superficie posterior, se usa el grosor de lámina total de las chapas de acero apiladas en el lado de superficie posterior.

5

Por otro lado, un ejemplo comparativo 1 es un ejemplo donde el valor de carga máxima permisible se descubre por un método diferente de aquel de la presente invención sin tener en cuenta el modo de fractura de carga, modo de fractura de momento, y modo de fractura interior de pepita, y el valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible no se descubre. Además, los ejemplos comparativos 2, 3, 4 son ejemplos donde los valores de carga máxima permisible se descubren para el modo de fractura de carga, modo de fractura de momento, y modo de fractura interior de pepita respectivamente, pero el valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible no se descubre.

10

[Tabla 2]

	tipo de modo de fractura			otras condiciones adicionales			
	fractura de carga	fractura de momento	fractura interior de pepita	corrección por altura seccional H	uso de valor de equivalente de carbono promedio	uso de grosor de lámina total	
15	ejemplo 1 de la invención	O	X	X	x	X	X
	ejemplo 2 de la invención	O	O	O	X	X	X
	ejemplo 3 de la invención	O	O	O	O	X	X
20	ejemplo 4 de la invención	O	O	O	X	O	X
	ejemplo 5 de la invención	O	O	O	X	X	O
	ejemplo 6 de la invención	O	X	X	O	X	X
	ejemplo 7 de la invención	O	X	X	X	X	O
	ejemplo 8 de la invención	X	O	X	X	X	X
25	ejemplo 9 de la invención	X	O	X	X	O	X
	ejemplo 10 de la invención	X		X	X	X	O
	ejemplo 11 de la invención	X	X	O	X	X	X
	ejemplo 12 de la invención	X	X	O	X	O	X
30	ejemplo 13 de la invención	X	X	O	X	X	O
	ejemplo 14 de la invención	O	O	O	O	O	O
	ejemplo comparativo 1	X	X	X	X	X	X
	ejemplo comparativo 2	O	X	X	X	X	X
	ejemplo comparativo 3	X	O	X	O	X	X
35	ejemplo comparativo 4	X	X	O	X	X	X

En los ejemplos 5, 7, 10, 13, 14 de la invención, cuando tres chapas de acero A-B-C se apilan, un grosor de lámina total de B y C se ingresan como un grosor de lámina de B para una porción soldada entre A-B, y un grosor de lámina total de B y A se ingresa como un grosor de lámina de B para una porción soldada entre B-C. Es preciso notar que, en los siguientes ejemplos, la resistencia a la tracción TS (MPa) se muestra como el tipo de acero y t (mm) se

muestra como el grosor de lámina.

<Ejemplo 1>

Una condición del experimento y un resultado experimental de un ejemplo 1 se muestran en la Tabla 3.

[Tabla 3]

método del experimento	chapa de acero A		chapa de acero B		diámetro de pepita [mm]	ancho de pieza de ensayo [mm]	carga de fractura [kN]	modo de fractura
	tipo de acero	grosor de acero	tipo de acero	grosor de acero				
ensayo de tracción de cizallamiento	590	1,8	590	1,8	6,71	20	22,8	fractura de carga

5 Las condiciones de análisis y resultados de análisis del ejemplo 1 se muestran en la Figura 8 y Tabla 4. En los ejemplos 1 a 7 de la invención, el modo de fractura ha sido la fractura de carga y un error de la fractura de carga ha sido pequeño como, por ejemplo, -2,6%. Dado que la fractura de carga ocurre en el experimento en la Tabla 3, el modo de fractura de carga se usa, preferiblemente, para el análisis como en los ejemplos 1 a 7 de la invención, pero en el análisis, dado que una fuerza o un momento aplicado a una porción soldada aumenta según el progreso de la deformación, una fractura en un modo que no es el modo de fractura de carga puede predecirse. Los ejemplos 8 a 10 de la invención son resultados de la determinación de fractura mediante el uso del modo de fractura de momento, y los ejemplos 11 a 13 de la invención son resultados de la determinación de fractura mediante el uso del modo de fractura interior de pepita. Según se muestra en la Tabla 4, la exactitud del análisis con respecto al experimento es ligeramente peor que aquella de la determinación mediante el uso del modo de fractura de carga, pero la predicción suficientemente exacta, de manera práctica, ha sido posible. Por otro lado, en el ejemplo comparativo 1, un error de la carga de fractura ha sido grande como, por ejemplo, 13%.

[Tabla 4]

nivel	modo de fractura determinado	carga de fractura	error del resultado del ensayo
		(kN)	(%)
ejemplo 1 de la invención	fractura de carga	22,2	-2,6
ejemplo 2 de la invención	fractura de carga	22,2	-2,6
ejemplo 3 de la invención	fractura de carga	22,2	-2,6
ejemplo 4 de la invención	fractura de carga	22,2	-2,6
ejemplo 5 de la invención	fractura de carga	22,2	-2,6
ejemplo 6 de la invención	fractura de carga	22,2	-2,6
ejemplo 7 de la invención	fractura de carga	22,2	-2,6
ejemplo 8 de la invención	fractura de momento	23,8	4,38
ejemplo 9 de la invención	fractura de momento	23,8	4,38
ejemplo 10 de la invención	fractura de momento	23,8	4,38
ejemplo 11 de la invención	fractura interior de pepita	24,9	9,21
ejemplo 12 de la invención	fractura interior de pepita	24,9	9,21
ejemplo 13 de la invención	fractura interior de pepita	24,9	9,21
ejemplo 14 de la invención	fractura de carga	22,2	-2,6
ejemplo comparativo 1	-	25,8	13

<Ejemplo 2>

Una condición del experimento de un ejemplo 2 se muestra en la Tabla 5. En el ejemplo 1 de la invención y ejemplo comparativo 2, el modo de fractura es la fractura de carga.

[Tabla 5]

dimensión de la chapa de acero							condición de soldadura	
tipo	resistencia a la tracción (Mps)	grosor de lámina (mm)	línea recta de la porción inferior de sombrero (mm)	ancho (mm)	altura seccional (mm)	longitud total (mm)	intervalo de soldadura por puntos (mm)	diámetro de pepita (mm)
miembro con sección en forma de sombrero	980	1,4	45	20	48	370	46	6,0
objeto de ensayo en forma de lámina plana	980	1,4	-	100	-	360		

5

En el caso del ejemplo 1 de la invención, una porción de fractura de una porción soldada por puntos y una forma de deformación de un objeto de ensayo han concordado con aquellas en el experimento según se muestra en la Figura 9A y Figura 9B. Por otro lado, en el caso del ejemplo comparativo 2, el valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de una porción soldada no se encuentra y el valor de carga permisible se establece en 0 inmediatamente después de alcanzar el valor de carga máxima permisible. En el presente caso, una cadena de fracturas han ocurrido en las porciones soldadas por puntos, lo cual resulta en la ocurrencia de fracturas en todas las porciones soldadas por puntos del objeto de ensayo tipo sombrero, y el resultado no ha concordado con el resultado experimental.

<Ejemplo 3>

Una condición del experimento de un ejemplo 3 se muestra en la Tabla 6.

10

[Tabla 6]

método del experimento	chapa de acero de lado de sombrero		chapa de acero de lado de placa plana		diámetro de pepita [mm]
	tipo de acero	grosor de lámina	tipo de acero	grosor de lámina	
aplastamiento axial de miembro con sección de sombrero	440	1,6	590	1,6	6,32

15

Las principales dimensiones de un objeto de ensayo usado en el ejemplo 3 se muestran más abajo.

sombrero: línea recta de una porción inferior de sombrero 45 mm, ancho de reborde 20 mm, altura seccional 43 mm, longitud total 370 mm
 lámina plana: ancho 100 mm, longitud 360 mm
 intervalo de soldadura por puntos: 40 mm

20

Las condiciones de ensayo del ejemplo 3 se muestran más abajo.

ensayo de aplastamiento axial de peso de caída: peso de martillo de forja 140 kg, velocidad inicial 36 km/h
 Como un ancho eficaz, un ancho de reborde de 20 mm se ha ingresado para un miembro de lado de sombrero, y 50 mm siendo la mitad del ancho se ha ingresado para el material de lámina plana en todos los ejemplos, y como resultado del ensayo, una fractura de conector ha ocurrido en dos puntos de soldadura.

25

Las condiciones de análisis y resultados de análisis del ejemplo 3 se muestran en la Figura 10 y Tabla 7. Como se muestra en el ejemplo 1, en un ensayo donde una forma seccional es una lámina plana y la rigidez es baja, el resultado experimental se reproduce bien también en el ejemplo 2 de la invención. En el ejemplo 3 de la invención, el modo de fractura ha sido la fractura de momento. Por otro lado, en el ejemplo 2 de la invención, no ha ocurrido fractura alguna en el análisis. En la lámina plana, ningún cuidado especial es necesario, pero en la aplicación a la forma tridimensional que tiene alta rigidez seccional, la corrección por la altura seccional se lleva, preferiblemente, a

5 cabo. En el ejemplo comparativo 3, el valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de una porción soldada no se encuentra y el valor de carga permisible se establece en 0 inmediatamente después de alcanzar el valor de carga máxima permisible. En el presente caso, una cadena de fracturas de porciones soldadas por puntos ha ocurrido, lo cual resulta en la ocurrencia de fracturas en diez porciones soldadas por puntos, y el resultado no ha concordado con el resultado experimental.

[Tabla 7]

	valor de entrada de altura seccional de miembro de lado de sombrero (mm)	modo de fractura determinado	número de puntos donde ocurre la fractura	
10	ejemplo 3 de la invención	43	momento	2
	ejemplo 2 de la invención	sin entrada	sin determinación de fractura	
	ejemplo comparativo 3	43	momento	10

<Ejemplo 4>

15 Una condición del experimento y un resultado experimental de un ejemplo 4 se muestran en la Tabla 8.

[Tabla 8]

método del experimento	chapa de acero A		chapa de acero B		diámetro de pepita [mm]	ancho de pieza de ensayo [mm]	carga de fractura [kN]	modo de fractura	
	tipo de acero	grosor de lámina	tipo de acero	grosor de lámina					
20	ensayo de tracción de cizallamiento	780	3,2	1180	1,2	4,81	40	11,1	fractura interior de pepita

25 Las condiciones de análisis y resultados de análisis del ejemplo 4 se muestran en la Tabla 9. Como se muestra en el ejemplo 1, cuando se sueldan los mismos materiales, no ocurre diferencia alguna entre ellos. Un ejemplo, aquí, es un ejemplo en el que diferentes materiales se unen como se muestra en la Tabla 8. En el ejemplo 4 de la invención mediante el uso de un valor de un equivalente de carbono promedio de los diferentes materiales, se ha descubierto que el modo de fractura es la fractura interior de pepita, un error de la carga de fractura es pequeño como, por ejemplo, 7,2% y, por consiguiente, se obtiene una buena exactitud. En el ejemplo 2 de la invención, en lugar de usar el valor del equivalente de carbono equivalente, un valor de equivalente de carbono de uno de los materiales se ha usado en el análisis. En el ejemplo 2(a) de la invención donde el valor del equivalente de carbono del material cuyo límite de fractura interior de pepita es inferior se ha usado en el análisis, un error de la carga de fractura ha sido grande como, por ejemplo, -17%. En el ejemplo 2(b) de la invención donde el valor del equivalente de carbono del material cuyo límite de fractura interior de pepita ha sido más alto se ha usado en el análisis, el modo de fractura ha sido la fractura de carga y el resultado ha sido diferente del resultado experimental, y un error de la carga de fractura ha sido grande como, por ejemplo, 31%. Cuando se unen los mismos materiales, ningún cuidado especial es necesario, pero en el caso de los materiales diferentes, como el equivalente de carbono usado en la fractura interior de pepita, uno obtenido mediante el promedio ponderado por el grosor de lámina se usa, preferiblemente. De manera incidental, cuando se unen los mismos materiales, el promedio ponderado puede llevarse a cabo, de manera constante, dado que el resultado del promedio ponderado no cambia.

[Tabla 9]

		modo de fractura determinado	carga de fractura	error del resultado del ensayo	
			(KN)	(%)	
35		ejemplo 4 de la invención	interior de pepita	11,9	7,2
		ejemplo 2(a) de la invención	interior de pepita	9,2	-17
		Ejemplo comparativo 2(b)	carga	14,5	31

<Ejemplo 5>

Una condición del experimento de un ejemplo 5 se muestra en la Tabla 10, y cuando un ensayo de tracción de cizallamiento se ha llevado a cabo en el cual tres chapas de acero A-B-C se han apilado en el orden mencionado y la chapa de acero A y la chapa de acero C se han sujetado para tirar de ellas, la chapa de acero A ha sufrido una fractura de conector y la carga de fractura ha sido de 15,9 kN.

5

[Tabla 10]

método del experimento	chapa de acero A		chapa de acero B		chapa de acero C		diámetro de pepita [mm]	ancho de pieza de ensayo [mm]
	tipo de acero	grosor de lámina	tipo de acero	grosor de lámina	tipo de acero	grosor de lámina		
ensayo de tracción de cizallamiento	590	1,4	270	0,8	590	1,6	4,51	40

10

Las condiciones de análisis y resultados de análisis del ejemplo 5 se muestran en la Tabla 11. En el caso de apilamiento de dos láminas, el ejemplo 2 de la invención es completamente igual al ejemplo 5 de la invención y, por lo tanto, es obvio los buenos resultados se exhiben también en los ejemplos 1 a 4 mencionados más arriba. Solo cuando un objetivo de análisis es una pila de tres láminas, el cuidado es necesario. En el ejemplo 5 de la invención, el modo de fractura ha sido la fractura de carga y un error de la carga de fractura ha sido pequeño. Por otro lado, en el ejemplo 2 de la invención, el modo de fractura ha sido la fractura de carga pero un error de la carga de fractura ha sido grande. Ningún cuidado especial es necesario en el caso de una pila normal de dos láminas, pero en el caso de la pila de tres láminas, con respecto a dos porciones de junta de interés, el grosor total de lámina de otro conjunto de láminas unidas se usa, de manera deseable, como el grosor de lámina.

15

[Tabla 11]

	modo de fractura determinado	carga de fractura	error del resultado del ensayo	porción fracturada	material fracturado
		(kN)	(%)		
ejemplo 5 de la invención	carga	16,4	3,14	entre A-B	chapa de acero A
ejemplo 2 de la invención	carga	4,3	-72,96	entre B-C	chapa de acero B

20

25

<Ejemplo 6>

Una condición del experimento de un ejemplo 6 se muestra en la Tabla 12.

[Tabla 12]

método del experimento	chapa de acero de lado de sombrero		chapa de acero de lado de placa plana	
	tipo de acero	grosor de lámina	tipo de acero	grosor de lámina
aplastamiento axial de miembro con sección de sombrero	980	1,4	980	1,4

30

Las dimensiones principales de un objeto de ensayo usado en el ejemplo 6 se muestran más abajo.

35

sombrero: línea recta de una porción inferior de sombrero 45 mm, ancho de reborde 20 mm, altura seccional 48 mm, longitud total 370 mm
 lámina plana: ancho 100 mm, longitud 360 mm
 intervalo de soldadura por puntos: 46 mm

condición de diámetro de pepita: (1) 6,0 mm, (2) 5,0 mm

Una condición de ensayo del ejemplo 6 se muestra más abajo.

ensayo de aplastamiento axial de peso de caída: peso de martillo de forja 140 kg, velocidad inicial 36 km/h

5 En un resultado experimental del ejemplo 6, fracturas sucesivas han ocurrido bajo la condición (1) y una fractura completa ha ocurrido, de manera instantánea, bajo la condición (2).

10 Las condiciones de análisis del ejemplo 6 se muestran más abajo. En el ejemplo 14 de la invención, el valor de carga permisible se reduce gradualmente hasta que el alargamiento de un elemento soldado por puntos es igual al diámetro de pepita, para la fractura de carga y fractura de momento. Por otro lado, para la fractura interior de pepita, el valor de carga permisible se ha reducido gradualmente hasta que el alargamiento del elemento soldado por puntos es igual al grosor de lámina. En el ejemplo comparativo 2, la predicción de fractura en el modo de fractura de carga se ha llevado a cabo pero cuando el valor de carga máxima permisible se ha alcanzado, el valor de carga permisible se ha establecido instantáneamente en 0. Hasta la ocurrencia de la fractura, la estructura es igual a la del ejemplo 11 de la invención. En el ejemplo comparativo 4, la predicción de fractura en el modo de fractura interior de pepita se ha llevado a cabo, pero cuando el valor de carga máxima permisible se ha alcanzado, el valor de carga permisible se ha establecido instantáneamente en 0. Hasta la ocurrencia de la fractura, la estructura es igual a la del ejemplo 11 de la invención.

15 En el resultado de análisis del ejemplo 6, bajo las condiciones (1) y (2), el resultado se ha reproducido en el ejemplo 14 de la invención (los resultados bajo la condición (1) se muestran en la Figura 9A y Figura 9B). En el ejemplo comparativo 2, bajo la condición (2), el resultado puede reproducirse pero las fracturas han ocurrido en toda la soldadura instantáneamente también bajo la condición (1). Asimismo, en el ejemplo comparativo 4, el resultado puede reproducirse bajo la condición (2) como en el ejemplo comparativo 2, pero las fracturas han ocurrido instantáneamente en toda la soldadura también bajo la condición (1). Se ha descubierto que, cuando el progreso de puntos de soldadura en los cuales ocurre una fractura necesita evaluarse en una estructura que tiene muchos puntos de soldadura, es importante en cualquiera de los modos de fractura encontrar el valor de carga permisible en todo momento y encontrar el desplazamiento o tiempo en el cual el valor de carga permisible se convierte en 0, en lugar de establecer instantáneamente el valor de carga permisible en 0 después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de la porción soldada. A partir de los ejemplos descritos más arriba, los efectos de la presente invención se han confirmado.

20 En la presente invención, según un modo de fractura predeterminado, el valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de la porción soldada se encuentra, y el desplazamiento o el tiempo en el cual el valor de carga permisible se convierte en 0 se encuentra, lo cual hace posible encontrar el valor de carga permisible antes de que ocurra una fractura completa. Además, según la propiedad y el estado de carga de la porción soldada por puntos, es posible calcular un comportamiento de fractura correcto incluso cuando no se conoce con antelación cuál de los modos de fractura ocurrirá. Además, el manejo en el caso de las tres láminas o más y la salida de la información detallada hacen posible facilitar la consideración de una técnica para la medida de prevención de fractura.

25

30

35

REIVINDICACIONES

1. Un método de análisis de fractura para una porción soldada por puntos que comprende las etapas de:

5 calcular un valor de carga máxima permisible, el valor de carga máxima permisible siendo un valor de carga máxima en el cual ocurre una grieta, de una porción soldada en un modo de fractura de carga, un modo de fractura de momento, y un modo de fractura interior de pepita según al menos uno de un grosor de lámina t, una resistencia a la tracción TS, un alargamiento EI, y una composición química de una porción de pepita (1) en cada una de las chapas de acero soldadas por puntos, un diámetro de pepita d de la porción soldada, un ancho eficaz B de la porción soldada determinado por una distancia entre porciones soldadas adyacentes, bordes o líneas dorsales, y una altura seccional H; y encontrar el modo de fractura donde el valor de carga máxima permisible se alcanza primero en el modo de fractura de carga, modo de fractura de momento, y modo de fractura interior de pepita;

10 calcular un valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de la porción soldada, en el modo de fractura donde el valor de carga máxima permisible se alcanza primero en los modos de fractura, y encontrar un desplazamiento o un tiempo en el cual el valor de carga permisible se convierte en 0 donde ocurre una fractura completa; en donde el valor de carga máxima permisible F_s de la porción soldada en el modo de fractura de carga se calcula como

$$F_s = TS \cdot W \cdot t / \alpha \quad \dots (3)$$

15 donde α es un factor de concentración de tensión obtenido mediante un ensayo de tracción de cizallamiento o un ensayo de tracción transversal, TS es una resistencia a la tracción, W(mm) es un ancho W (mm) de la pieza de ensayo y T(mm) es un grosor de la pieza de ensayo;

el valor de carga máxima permisible Mlim de la porción soldada en el modo de fractura de momento se calcula como

$$\gamma = M_p / M \quad \dots (4)$$

$$M_{lim} = M_p' / \gamma \quad \dots (5)$$

20 donde M es un momento de flexión M obtenido mediante la realización de un ensayo de tracción de reborde, M_p es un momento plástico de agotamiento de la pieza de ensayo y M_p' es un momento plástico de agotamiento para materiales arbitrarios, y

el valor de carga máxima permisible F_s de la porción soldada en el modo de fractura interior de pepita se calcula como

$$F_s = e \times \Pi (d/2)^2 \times (f \times C_{eq} + g) \quad \dots (6)$$

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n \{t_i \cdot C_{eq}^i\} / \sum_{i=1}^n \{t_i\} \quad \dots (7)$$

donde i es un tipo de una pieza de ensayo, d es un diámetro de pepita, C_{eq} es un promedio ponderado de dirección de grosor de un equivalente de carbono de porción de pepita, y e, f y g son coeficientes.

2. El método de análisis de fractura para la porción soldada por puntos según la reivindicación 1, en donde el valor de carga máxima permisible del modo de fractura de momento se corrige mediante la reducción del ancho eficaz B mientras la altura seccional H de una estructura se vuelve más grande.

30 3. El método de análisis de fractura para la porción soldada por puntos según la reivindicación 1, en donde en la etapa de encontrar el valor de carga máxima permisible, cuando el número de chapas de acero soldadas es tres o más, dos porciones soldadas o más donde las tres chapas de acero o más se unen están sujetas, de forma separada, a la determinación y, en la determinación, como el grosor de lámina de la chapa de acero apilada en un lado de superficie posterior, se adopta el grosor de lámina total de las chapas de acero apiladas en el lado de superficie posterior.

35 4. El método de análisis de fractura para la porción soldada por puntos según la reivindicación 1, en donde se produce información de fractura detallada.

5. Un dispositivo de análisis de fractura para una porción soldada por puntos que comprende:

un medio de entrada (101) para ingresar al menos uno de un grosor de lámina t, una resistencia a la tracción

TS, un alargamiento El, y una composición química de una porción de pepita en cada una de las chapas de acero soldadas por puntos, un diámetro de pepita d la porción soldada, un ancho eficaz B de la porción soldada determinado por una distancia entre porciones soldadas adyacentes, bordes o líneas dorsales, y una altura seccional H;

- 5 un primer medio de cálculo (102a) para calcular un valor de carga máxima permisible de la porción soldada en el modo de fractura de carga mediante el uso de información ingresada por el medio de entrada;
- un segundo medio de cálculo (102b) para calcular un valor de carga máxima permisible de la porción soldada en el modo de fractura de momento mediante el uso de información ingresada por el medio de entrada;
- un tercer medio de cálculo (102c) para calcular un valor de carga máxima permisible de la porción soldada en el modo de fractura interior de pepita mediante el uso de información ingresada por el medio de entrada;
- en donde el valor de carga máxima permisible es un valor de carga máxima en el cual ocurre una grieta;
- un medio para encontrar el modo de fractura donde el valor de carga máxima permisible se alcanza primero en el modo de fractura de carga, modo de fractura de momento, y modo de fractura interior de pepita;
- 10 un medio (102d) para calcular un valor de carga permisible en todo momento después de alcanzar el valor de carga máxima permisible de la porción soldada, en el modo de fractura donde el valor de carga máxima permisible se alcanza primero en los modos de fractura, y para encontrar un desplazamiento o un tiempo en el cual el valor de carga permisible se convierte en 0 en el cual ocurre una fractura completa,
- en donde el primer medio de cálculo (102a) para calcular un valor de carga máxima permisible de la porción soldada en el modo de fractura de carga se adapta para calcular un valor de carga máxima permisible F_s mediante el uso de la Ecuación (3);

$$F_s = TS \cdot W \cdot t / \alpha \quad \dots (3)$$

- 15 donde α es un factor de concentración de tensión obtenido mediante un ensayo de tracción de cizallamiento o un ensayo de tracción transversal, TS es una resistencia a la tracción, W(mm) es un ancho W (mm) de la pieza de ensayo y T(mm) es un grosor de la pieza de ensayo;
- el segundo medio de cálculo (102b) para calcular un valor de carga máxima permisible de la porción soldada en el modo de fractura de momento se adapta para calcular un valor de carga máxima permisible M_{lim} mediante el uso de las Ecuaciones (4) y (5);

$$\gamma = M_p / M \quad \dots (4)$$

- 20 $M_{lim} = M_p' / \gamma \quad \dots (5)$

donde M es un momento de flexión M obtenido mediante la realización de un ensayo de tracción de reborde, M_p es un momento plástico de agotamiento de la pieza de ensayo y M_p' es un momento plástico de agotamiento para materiales arbitrarios, y

el tercer medio de cálculo (102c) para calcular un valor de carga máxima permisible de la porción soldada en el modo de fractura interior de pepita se adapta para calcular un valor de carga máxima permisible F_s mediante el uso de las Ecuaciones (6) y (7);

- 25 $F_s = e \times \Pi (d/2)^2 \times (f \times C_{eq} + g) \quad \dots (6)$

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n \{t_i \cdot C_{eq}^i\} / \sum_{i=1}^n \{t_i\} \quad \dots (7)$$

donde i es un tipo de una pieza de ensayo, d es un diámetro de pepita, C_{eq} es un promedio ponderado de dirección de grosor de un equivalente de carbono de porción de pepita, y e, f y g son coeficientes.

- 30 6. Un programa que hace que un ordenador ejecute las etapas definidas en la reivindicación 1.
7. Un soporte de almacenamiento legible por ordenador que almacena un programa que hace que un ordenador ejecute las etapas definidas en la reivindicación 1.

35

FIG. 1

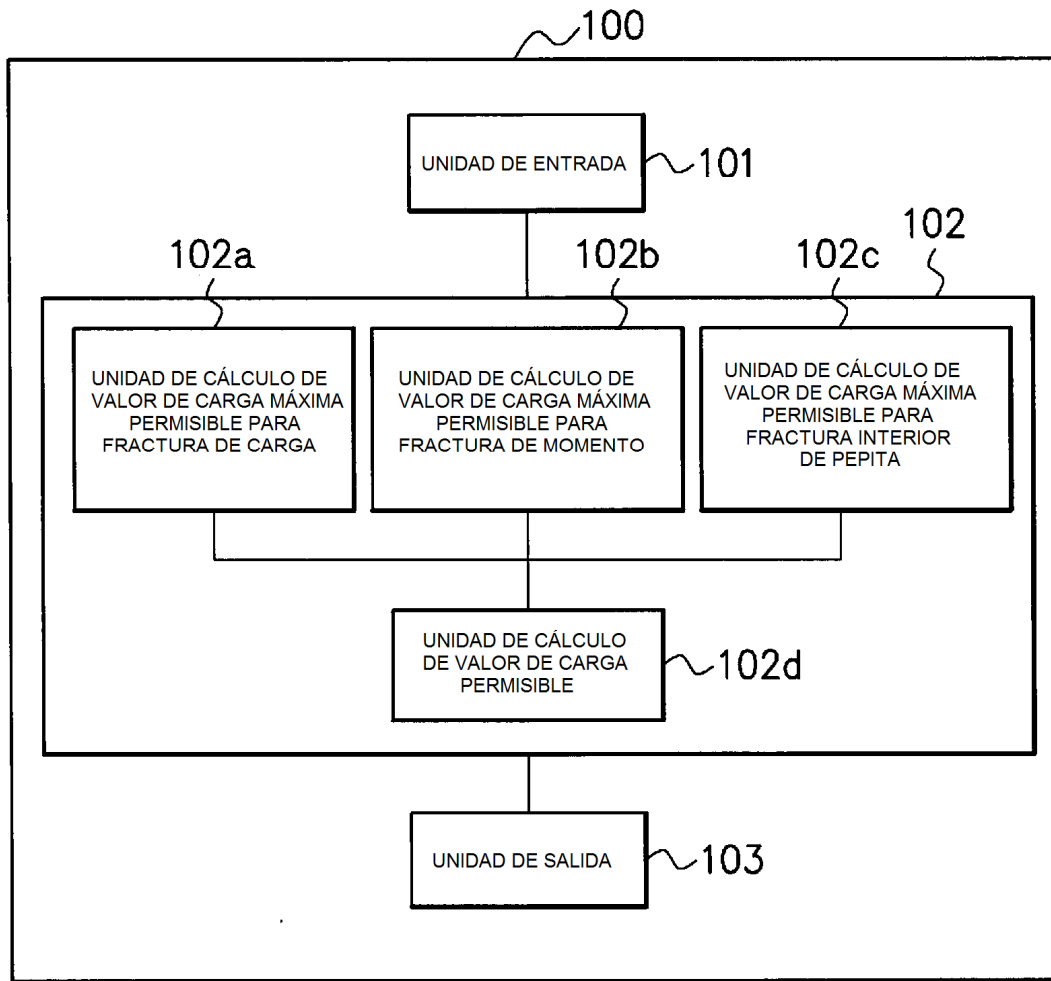
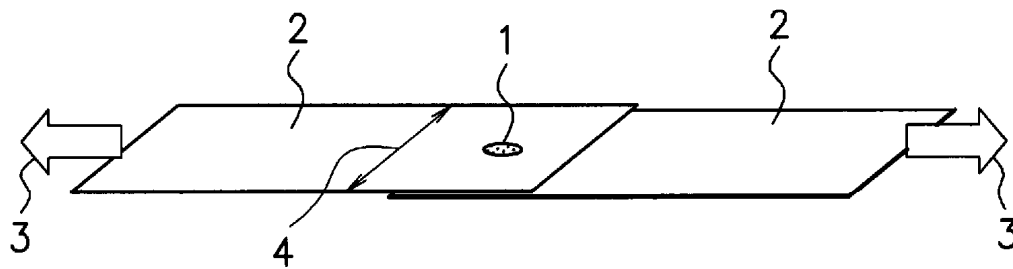
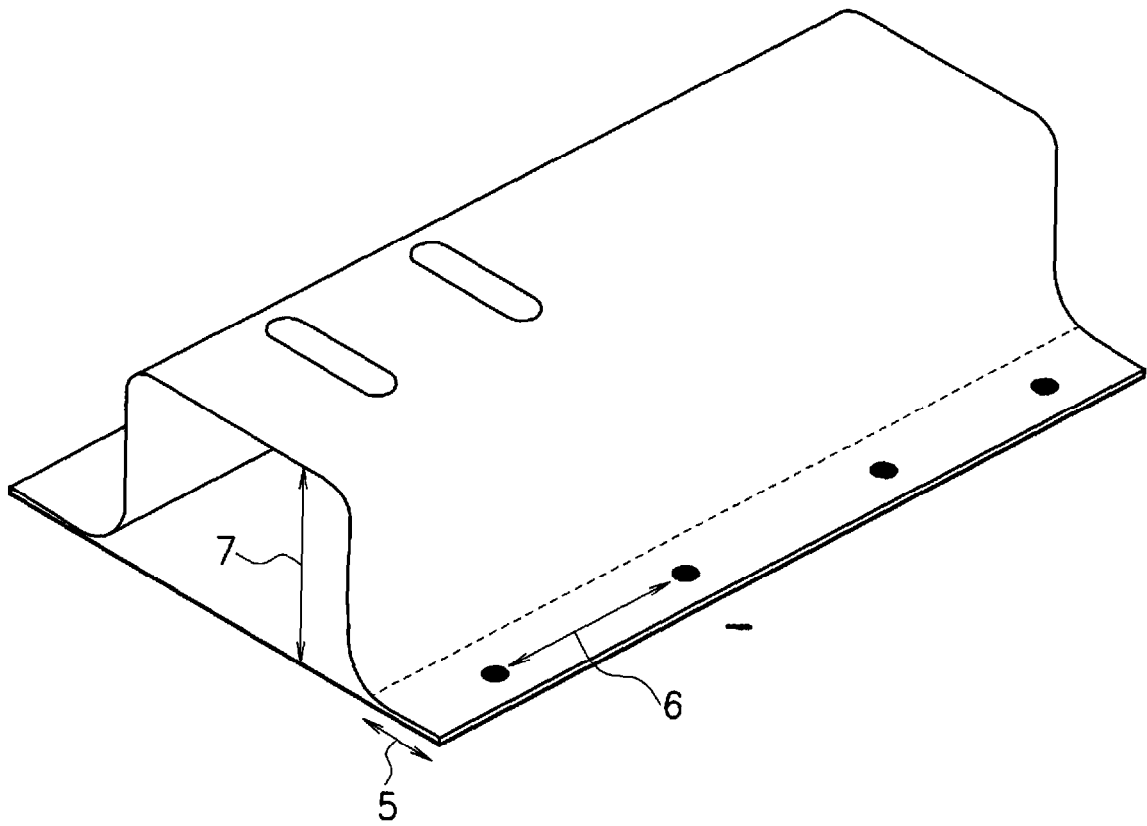


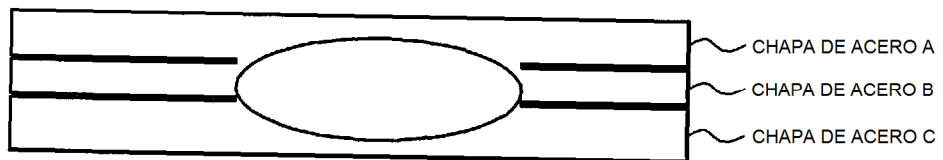
FIG. 2



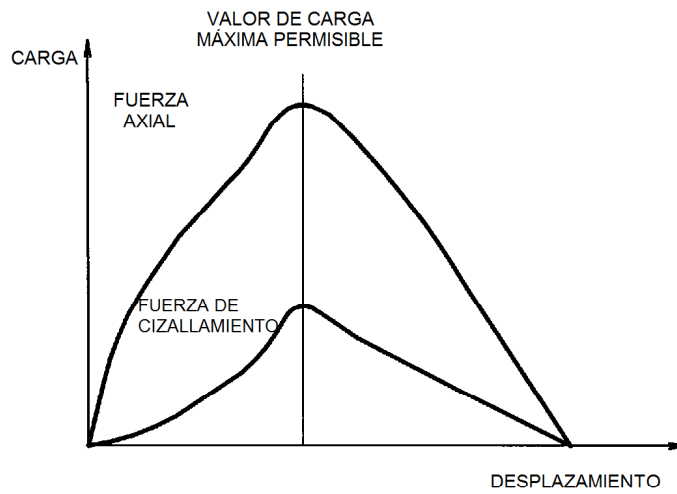
F I G. 3



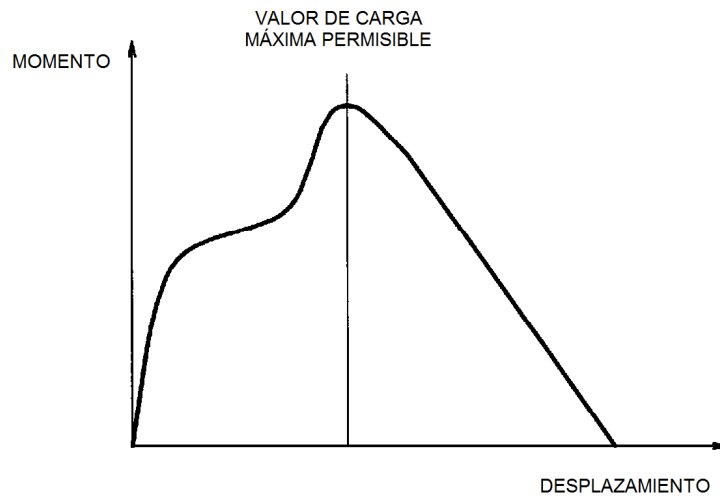
F I G. 4



F I G. 5A



F I G. 5B



F I G. 5C

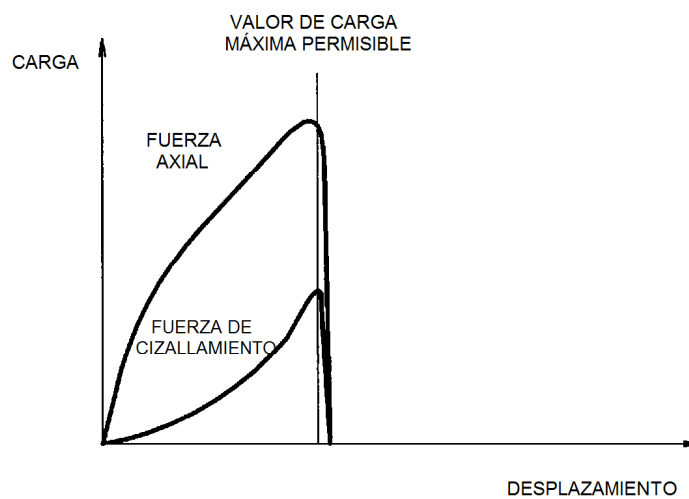
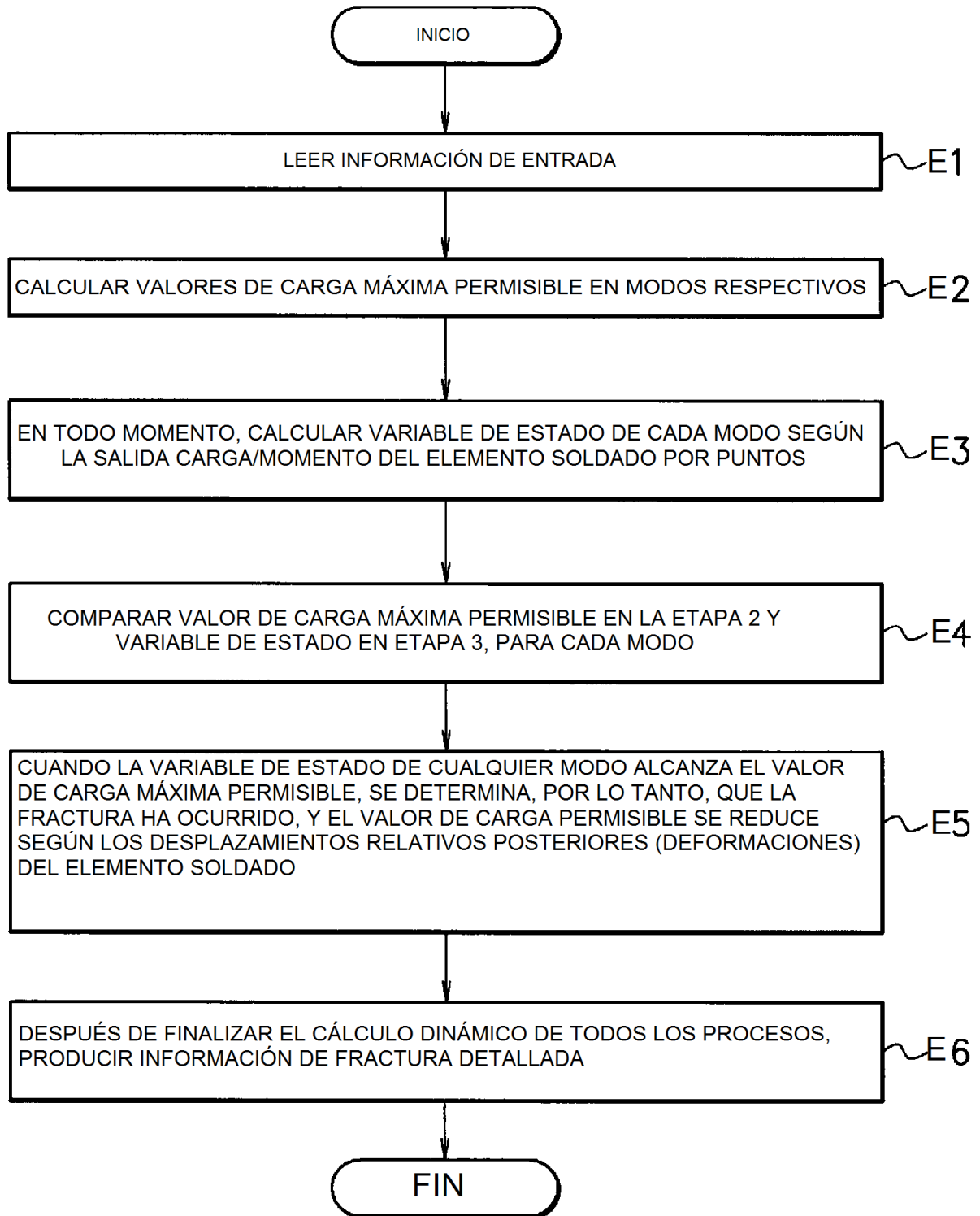
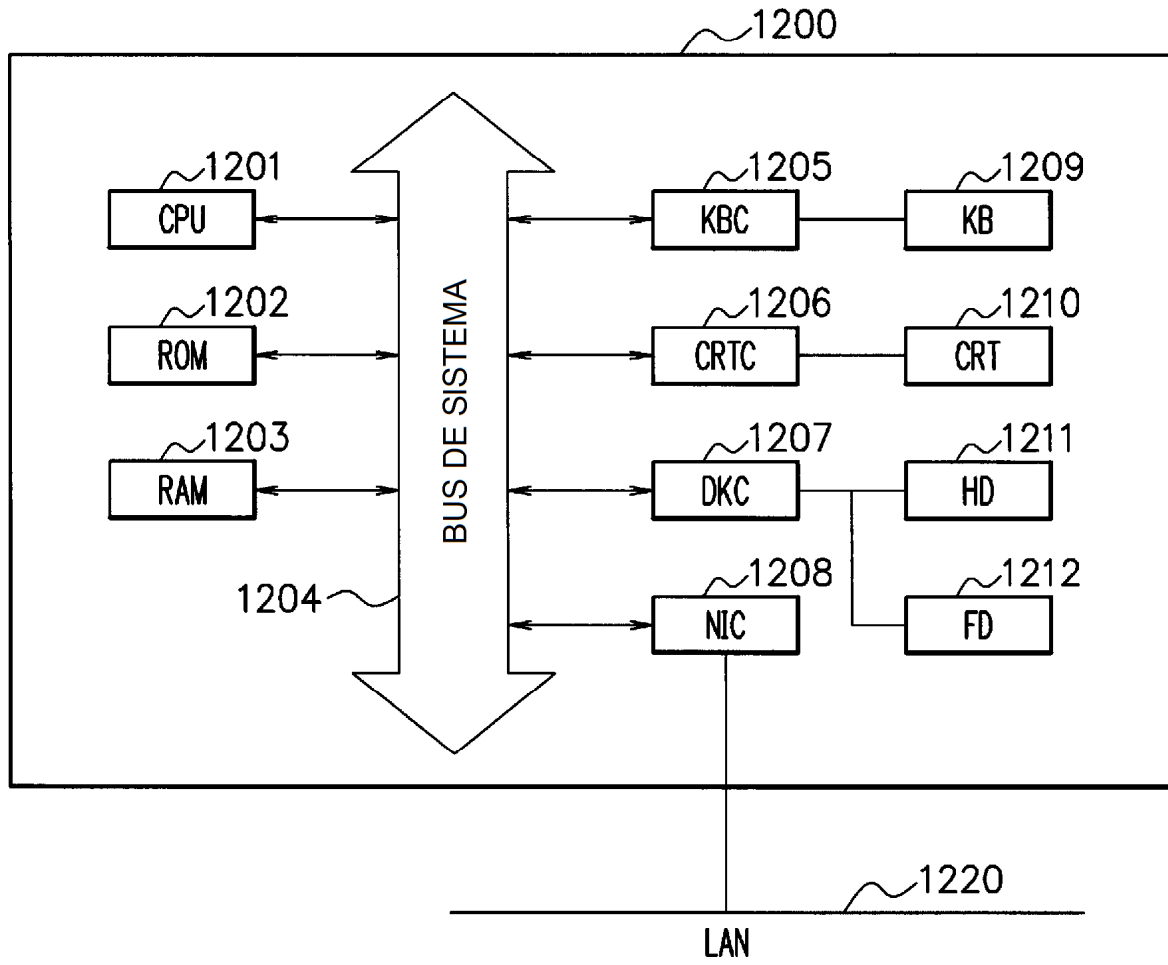


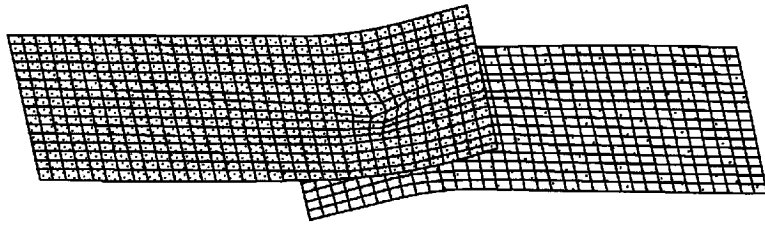
FIG. 6



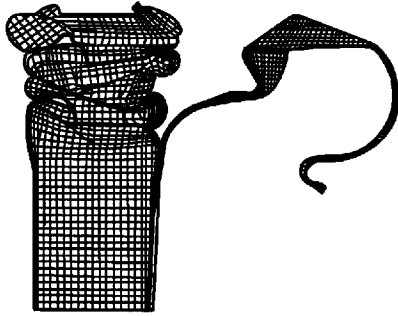
F I G. 7



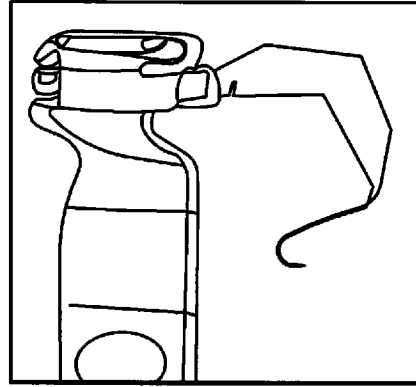
F I G. 8



F I G. 9A



F I G. 9B



F I G. 10

