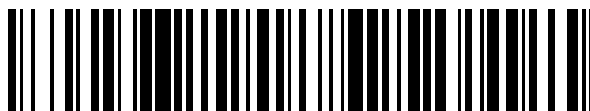


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 114**

51 Int. Cl.:

B25C 1/10

(2006.01)

C21D 7/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2010** **PCT/JP2010/052659**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2010** **WO10146898**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2010** **E 10732238 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019** **EP 2444203**

54 Título: **Muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

17.06.2009 JP 2009144460

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

22.10.2019

73 Titular/es:

NHK SPRING COMPANY LIMITED (100.0%)
3-10, Fukuura, Kanazawa-ku
Yokohama-shi, Kanagawa-ken 236-0004, JP

72 Inventor/es:

TANGE, AKIRA;
OKADA, HIDEKI;
SUMIYOSHI, ISAO y
SUGIYAMA, MITSUHIRO

74 Agente/Representante:

GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio

ES 2 728 114 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

Muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo y procedimiento para su fabricación

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo usado para un mecanismo de suspensión de un vehículo tal como un automóvil o similar, excelente en cuanto a la durabilidad contra la corrosión, y a un procedimiento para la fabricación del mismo.

10 **Técnica antecedente**

Es bien conocido que un muelle helicoidal para un mecanismo de suspensión está sujeto a la influencia de un agente anticongelante dispersado sobre una carretera durante el invierno o época similar. El agente anticongelante contiene sal y, por lo tanto, el agente promueve la corrosión de la superficie del muelle helicoidal constituido por acero para muelles. Es bien conocido que una picadura de corrosión (picadura de grabado) ejerce una gran influencia sobre la durabilidad del muelle helicoidal. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 11, parte de la superficie 1a del alambre de muelle 1 se corroe para formar una forma similar a un agujero por la humedad o la sal, por lo que se forma una picadura de corrosión 2. Aunque la forma de la picadura de corrosión 2 varía, incluso existe un tipo de picadura de corrosión 2 que tiene una sección transversal como se muestra esquemáticamente en, por ejemplo, la Figura 12.

Como se muestra en la Figura 13, cuando la picadura de corrosión 2 alcanza una profundidad R de cierto nivel o más, y el peso del vehículo se aplica continuamente al muelle helicoidal, se produce una fisura por fatiga 3 en la parte inferior 2a o similar de la picadura 2. Cuando la fisura 3 crece, el muelle helicoidal se rompe. En otras palabras, incluso cuando el muelle helicoidal se usa en un ambiente corrosivo, el muelle helicoidal se puede usar sin romperse si el tamaño de la picadura de corrosión está dentro de la profundidad de picadura admisible R_{max} .

Por otro lado, se desea que el muelle helicoidal para suspensión se use con una tensión más alta para efectuar la reducción de peso de un vehículo. Para realizar la mayor tensión en el muelle helicoidal, es importante impartir una tensión residual compresiva a la proximidad de la superficie del alambre del muelle. Se sabe por el hecho de que al someter un muelle helicoidal a un chorreado con granalla, una tensión residual compresiva se imparte a la proximidad de la superficie del muelle helicoidal y se mejora su durabilidad. Por ejemplo, en la Solicitud de Patente Japonesa KOKAI con No. de Publicación 2000-345238 o la Solicitud de Patente Japonesa KOKAI con No. de Publicación 2008-106365, se divulga un chorreado con granalla en múltiples etapas. Durante el chorreado con granalla en múltiples etapas, el chorreado con granalla se realiza una pluralidad de veces de forma dividida.

En cuanto a los medios para producir una tensión residual compresiva en una región desde la superficie del muelle hasta una posición profunda, se conoce el chorreado en estado de trabajo y el chorreado en caliente (chorreado térmico). Durante el chorreado en estado de trabajo, la granalla se aplica al muelle helicoidal en un estado en el que el muelle se comprime. Durante el chorreado en caliente, la granalla se aplica al muelle helicoidal en un estado en el que el muelle se calienta a una temperatura de aproximadamente 250 °C. En comparación con el chorreado con granalla normal que se realiza a temperatura ambiente, en el chorreado en estado de trabajo o el chorreado en caliente, es posible que aparezca una tensión residual compresiva en una región hasta una posición profunda en el material. Sin embargo, el chorreado en estado de trabajo requiere equipos configurados para comprimir el muelle helicoidal. Además, durante el chorreado en estado de trabajo, la granalla se aplica al muelle helicoidal en un estado en el que el muelle helicoidal se comprime y, por lo tanto, los espacios intermedios entre las partes del alambre del muelle se vuelven pequeños. En consecuencia, existe el problema de que es difícil que la granalla golpee el interior del muelle helicoidal o las posiciones entre las partes del alambre del muelle.

A partir de la patente US 6 193 816 B1 se conoce un muelle helicoidal de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 4.

55 **Lista de citas**

Literatura de patentes

Literatura de Patente 1: Solicitud de Patente Japonesa KOKAI con No. de Publicación 2000-345238
Literatura de Patente 2: Solicitud de Patente Japonesa KOKAI con No. de Publicación 2008-106365

Divulgación de la invención

Problema técnico

En un muelle helicoidal convencional para suspensión, se imparte una gran tensión residual compresiva a la proximidad de la superficie del muelle mediante chorreado con granalla. Sin embargo, cuando el muelle helicoidal para suspensión se utiliza en un entorno corrosivo en el que se produce una picadura de corrosión, el muelle helicoidal se rompe en algunos casos después de un período de uso relativamente corto por el crecimiento de la picadura de corrosión. Por lo tanto, también se propone mejorar la resistencia a la corrosión y suprimir la aparición de la picadura de corrosión y el crecimiento de la picadura de corrosión al crear los componentes del material (acero para muelles).

Por ejemplo, la resistencia a la corrosión del muelle helicoidal se mejora al agregar un elemento de aleación como Ni, Cr, Mo o similares al acero para muelles. Sin embargo, el acero para muelles que contiene un elemento de aleación de este tipo resulta costoso, siendo esta una causa que hace que el costo del muelle helicoidal sea alto. Además, una vez que el tamaño de la picadura de corrosión alcanza la profundidad permitida de la picadura, existe la posibilidad de que el muelle helicoidal se rompa mientras se produce una fisura por fatiga en una parte inferior o similar de la picadura de corrosión en un punto de partida.

Solución al problema

Un objeto de la presente invención es proporcionar un muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo capaz de mejorar la durabilidad de la corrosión, y usarse en una tensión más alta, y un procedimiento para la fabricación del mismo.

Esto se consigue mediante un muelle helicoidal según la reivindicación 1 y mediante un procedimiento según la reivindicación 4.

Un muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo de la presente invención es aquel fabricado a partir de un alambre de muelle al que se imparte una tensión residual compresiva mediante chorreado con granalla y comprende una parte de aumento de tensión residual, una parte de pico de tensión residual y una parte de disminución de tensión residual. En la parte de aumento de tensión residual, la tensión residual compresiva aumenta desde la superficie del alambre de muelle en una dirección de profundidad. En la parte de pico de tensión residual, la tensión residual compresiva llega a ser máxima. En la parte de disminución de tensión residual, la tensión residual compresiva disminuye desde la parte de pico de tensión residual en la dirección de profundidad del alambre de muelle. Además, en el muelle helicoidal, en la parte de disminución de tensión residual, una parte que comprende la tensión residual compresiva cuya magnitud es equivalente a la magnitud de la tensión residual compresiva en la superficie del alambre de muelle existe en una posición a una profundidad que excede de la profundidad permisible del alambre de muelle.

Cuando la profundidad permisible de la picadura del muelle helicoidal es de 0,25 mm, es deseable que se imparta una tensión residual compresiva de -400 MPa o más (lo que implica un valor absoluto de 400 MPa o más, lo mismo ocurre con lo siguiente) a una región desde la superficie del alambre de muelle hasta una posición en la profundidad permitida de la picadura. Dado que la dureza del alambre de muelle, la dureza de 50 a 56 HRC es recomendable. Además, es deseable que una posición que esté ubicada más profunda que la parte de pico de tensión residual, y en la que la tensión residual compresiva comience a descender en gran medida, se ubique a más de 0,2 mm de la superficie del muelle. Además, también es deseable que la tensión residual compresiva de -400 MPa o más se imparta a una región desde la superficie hasta una posición a una profundidad de 0,3 mm.

Un procedimiento para fabricar un muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo de la presente invención comprende un procedimiento de flexión, un primer procedimiento de chorreado con granalla y un segundo procedimiento de chorreado con granalla. En el procedimiento de doblado, un alambre de muelle constituido por un acero para muelles se forma en una forma helicoidal. En el primer procedimiento de chorreado con granalla, se imparte una tensión residual compresiva al alambre de muelle aplicando el alambre de muelle con la primera granalla de un tamaño de granalla de 1,0 mm o más. El segundo procedimiento de chorreado con granalla se realiza después del primer procedimiento de chorreado con granalla. En el segundo procedimiento de chorreado con granalla, el alambre de muelle se aplica siendo la segunda granalla más pequeña en tamaño de granalla que la primera granalla. Mediante el primer procedimiento de chorreado con granalla y el segundo procedimiento de chorreado con granalla, se producen una parte de aumento de tensión residual, una parte de pico de tensión residual y una parte de disminución de tensión residual en el alambre de muelle, y en la parte de disminución de tensión residual, una parte que comprende la magnitud de la tensión residual compresiva de la tensión, que es equivalente a la magnitud de la tensión residual compresiva en la superficie del alambre de muelle, se genera en una posición a una profundidad que excede la profundidad permisible de la picadura del alambre de muelle.

En la presente invención, es recomendable llevar a cabo el primer procedimiento de chorreado con granalla y el segundo procedimiento de chorreado con granalla en un estado en el que el alambre de muelle se mantiene a una temperatura de procesamiento de 150 a 350 °C. La temperatura de procesamiento en el primer procedimiento de chorreado con granalla es superior a la temperatura de procesamiento en el segundo procedimiento de chorreado con granalla. Además, es aconsejable hacer que la energía cinética de la primera

granalla sea mayor que la energía cinética de la segunda granalla.

Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con el muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo de la presente invención, incluso cuando la picadura de corrosión crece hasta una posición cercana a la profundidad permisible de la picadura, es posible evitar que se produzca una fisura por fatiga en la parte inferior o similar de la picadura de corrosión, y mejorar la durabilidad de la corrosión. Como resultado de lo anterior, es posible utilizar el muelle helicoidal para suspensión para la suspensión de un vehículo a una mayor tensión, y efectuar la reducción de peso del vehículo.

De acuerdo con el procedimiento de fabricación de la presente invención, es posible causar un alto nivel de tensión residual compresiva efectiva en la prevención de la aparición de una fisura por fatiga y el desarrollo de la fisura que aparezca en una región desde la superficie del alambre de muelle hasta una posición a una profundidad que exceda la profundidad permitida de la picadura. Además, es posible hacer una diferencia entre la tensión residual compresiva cerca de la superficie del alambre de muelle y la tensión residual compresiva cerca de la parte inferior de la pequeña picadura de corrosión. Como resultado de lo anterior, es posible obtener una distribución de la tensión residual compresiva altamente efectiva para evitar que se produzca una fisura por fatiga en la picadura de corrosión.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista lateral de parte de un automóvil provisto de un muelle helicoidal para suspensión de acuerdo con una realización de la presente invención;
La Figura 2 es una vista en perspectiva de un muelle helicoidal para suspensión mostrado en la Figura 1;
La Figura 3 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de los procedimientos de fabricación del muelle helicoidal para suspensión mostrado en la Figura 2;
La Figura 4 es un diagrama de flujo que muestra otro ejemplo de los procedimientos de fabricación del muelle helicoidal para suspensión mostrado en la Figura 2;
La Figura 5 es un gráfico que muestra la distribución de la tensión residual compresiva del ejemplo 1 de acuerdo con la presente invención;
La Figura 6 es un gráfico que muestra la distribución de la tensión residual compresiva del ejemplo 2 de acuerdo con la presente invención;
La Figura 7 es un gráfico que muestra la distribución de la tensión residual compresiva del ejemplo 3 de acuerdo con la presente invención;
La Figura 8 es un gráfico que muestra la distribución de la tensión residual compresiva del ejemplo comparativo 1;
La Figura 9 es un gráfico que muestra la vida de corrosión de cada uno de los ejemplos 1 y 2 de acuerdo con la presente invención, y el ejemplo comparativo 1;
La Figura 10 es un gráfico que muestra la vida de corrosión de cada uno de los ejemplos 4 y 5 de acuerdo con la presente invención, y el ejemplo comparativo 2;
La Figura 11 es una vista en sección transversal que muestra esquemáticamente un ejemplo de una picadura de corrosión;
La Figura 12 es una vista en sección transversal que muestra esquemáticamente otro ejemplo de una picadura de corrosión; y
La Figura 13 es una vista en sección transversal que muestra esquemáticamente una picadura de corrosión en el que se ha producido una fisura.

Modo de llevar a cabo la invención

Un muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo de acuerdo con una realización de la presente invención, y un procedimiento para fabricar el muelle helicoidal se describirán a continuación con referencia a los dibujos.

Un mecanismo de suspensión 11 de un vehículo 10 mostrado en la Figura 1 está provisto de un muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo 12 (en lo sucesivo denominado simplemente como un muelle helicoidal 12), y un amortiguador 13. En el muelle helicoidal 12 mostrado en la Figura 2, un alambre de muelle 20 está formado en una forma helicoidal. El muelle helicoidal 12 soporta elásticamente la carga del vehículo 10 en un estado en el que el muelle 12 se comprime en la dirección del eje X.

Un ejemplo del muelle helicoidal 12 es un muelle helicoidal cilíndrico. Un ejemplo de un diámetro de alambre d (mostrado en la Figura 2) del alambre de muelle 20 es de 12,5 mm. El diámetro medio de la espira D es de 110,0 mm, la longitud libre (longitud sin carga) es de 382 mm, el número de espiras activas es 5,39 y la constante del muelle es de 33,3 N/mm. Aunque el diámetro convencional establecido del alambre del muelle helicoidal 12 es de 8 a 21 mm, también se pueden emplear diámetros diferentes a los indicados anteriormente. Además, también se pueden emplear muelles helicoidales de diversas formas, tales como un muelle de forma cilíndrica, un muelle cónico de doble cabeza, un muelle helicoidal cónico, un muelle helicoidal de paso variable, un muelle helicoidal

de control del eje de carga, y similares.

Ejemplo 1

- 5 El tipo de acero del alambre de muelle 20 es acero de alta resistencia a la corrosión (en esta descripción, se denomina, por conveniencia, como acero para muelles S). El acero para muelles S es de un tipo de acero mejorado en cuanto a resistencia a la corrosión, y sus componentes químicos (% en masa) son C: 0,41, Si: 1,73, Mn: 0,17, Ni: 0,53, Cr: 1,05, V: 0,163, Ti: 0,056, Cu: 0,21, y Fe: restante.
- 10 La Figura 3 muestra los procedimientos de fabricación de un muelle helicoidal formado en caliente. En un procedimiento de calentamiento S1, un alambre de muelle que es un material para el muelle helicoidal se calienta a una temperatura de austenización (más alta que el punto de transformación A_3 y más baja que 1150 °C). El alambre de muelle calentado se dobla de forma helicoidal en un procedimiento de doblado (procedimiento de bobinado) S2. Posteriormente, el alambre de muelle bobinado se somete a un tratamiento térmico tal como un
- 15 procedimiento de enfriamiento (*quenching*) S3, un procedimiento de revenido (*tempering*) S4 y similares.
- El alambre de muelle se refina térmicamente mediante el tratamiento térmico para que se pueda obtener una dureza de 50 a 56 HRC. Por ejemplo, un muelle helicoidal de tensión máxima de diseño de 1300 MPa se refina térmicamente para que se pueda obtener una dureza de 54,5 HRC. Un muelle helicoidal de tensión máxima de
- 20 diseño de 1200 MPa se refina térmicamente para que se pueda obtener una dureza de 53,5 HRC. Además, en un procedimiento de ajuste en caliente S5, se aplica una carga en la dirección axial del muelle helicoidal al muelle helicoidal durante un periodo de tiempo predeterminado. El procedimiento de ajuste en caliente S5 se realiza en caliente, utilizando el calor restante después del tratamiento térmico.
- 25 A continuación, se lleva a cabo un primer procedimiento de chorreado con granalla S6. En el primer procedimiento de chorreado con granalla S6, se utiliza la primera granalla (trozos de alambre de hierro) con un tamaño de granalla (tamaño de grano) de 1,0 mm. El alambre de muelle se aplica con la primera granalla a una temperatura de procesamiento de 230 °C, a una velocidad de 76,7 m/s, y con una energía cinética de $12,11 \times 10^{-3}$ J. Como resultado de esto, la tensión residual compresiva aparece en una región amplia de la superficie del
- 30 alambre de muelle en la dirección de la profundidad. La distribución de la tensión residual compresiva se describirá más adelante en detalle. Es deseable que la rugosidad de la superficie del alambre de muelle obtenida por el primer procedimiento de chorreado con granalla S6 sea de 75 μm o menos. Cabe señalar que la velocidad de la granalla es un valor obtenido al multiplicar la velocidad circunferencial obtenida del diámetro del impulsor de la máquina de chorreado con granalla, y la velocidad de rotación del impulsor por 1,3. Por ejemplo, cuando el
- 35 diámetro del impulsor es de 490 mm y la velocidad de rotación del impulsor es de 2300 rpm, la velocidad de la granalla es de $1,3 \times 0,49 \times 3,14 \times 2300/60 = 76,7$ m/s.
- Después de que se lleva a cabo el primer procedimiento de chorreado con granalla S6, se lleva a cabo un segundo procedimiento de chorreado con granalla S7. En el segundo procedimiento de chorreado con granalla
- 40 S7, se utiliza una segunda granalla de tamaño más pequeño que la primera granalla. El tamaño de la granalla de la segunda granalla es de 0,67 mm. El alambre de muelle se aplica con la segunda granalla a una temperatura de procesamiento de 200 °C, a una velocidad de 46 m/s, y con energía cinética de $1,31 \times 10^{-3}$ J.
- En el segundo procedimiento de chorreado con granalla S7, se utiliza la segunda granalla de tamaño más
- 45 pequeño que el de la primera granalla en el primer procedimiento de chorreado con granalla S6. Además, la velocidad de la segunda granalla en el segundo procedimiento de chorreado con granalla S7 es menor que la velocidad de la primera granalla en el primer procedimiento de chorreado con granalla S6. Como resultado de esto, la gran rugosidad de la superficie del alambre de muelle después del primer procedimiento de chorreado con granalla S6 puede reducirse mediante el segundo procedimiento de chorreado con granalla S7, y se mejora
- 50 el estado de la superficie del alambre de muelle. Cabe señalar que, como otro ejemplo del segundo procedimiento de chorreado con granalla S7, el alambre de muelle se puede aplicar con la segunda granalla con un tamaño de granalla de 0,40 mm a una temperatura de procesamiento de 200 °C, a una velocidad de 86,7 m/s y con energía cinética de $0,99 \times 10^{-3}$ J.
- 55 La Tabla 1 muestra datos en los que los valores de energía cinética de las granallas se comparan entre sí en términos de condiciones de chorreado con granalla. Cuando el tamaño de la granalla es más grande, la energía cinética se hace más grande incluso si se emplea la misma velocidad. Por ejemplo, cuando se usa una granalla de grano grande con un tamaño de granalla de 1 mm, la energía cinética se vuelve aproximadamente 1,5 veces en comparación con la de la granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,87 mm. Cuando se utiliza la granalla
- 60 de grano grande que tiene un tamaño de granalla de 1,1 mm, la energía cinética se vuelve aproximadamente el doble en comparación con la de la granalla que tiene el tamaño de granalla de 0,87 mm. A la inversa, cuando se usa una granalla de grano pequeño con un tamaño de granalla de 0,67 mm, la energía cinética se vuelve menos de la mitad en comparación con la de la granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,87 mm. Cuando se utiliza una granalla con un tamaño de granalla de 0,4 mm, la energía cinética se vuelve menor en comparación con la
- 65 de la granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,67 mm, incluso si la velocidad se vuelve aproximadamente el

doble.

En cada uno de los casos mostrados por el ejemplo 1, y los ejemplos 2 a 5, que se describirán más adelante, la energía cinética de la primera granalla del primer procedimiento de chorreado con granalla S6 se vuelve mayor que la energía cinética de la segunda granalla del segundo procedimiento de chorreado con granalla S7.

Tabla 1

Tamaño de granalla	Velocidad rotacional del impulsor (rpm)	Velocidad (m/s)	Energía Cinética (K)	Proporción de energía
1,10	2300	76,7	0,01612	2,02
1,00	2300	76,7	0,01211	1,52
0,87	2300	76,7	0,00797	1,00
0,67	2300	76,7	0,00364	0,46
0,67	1380	46,0	0,00131	0,16
0,40	2600	86,7	0,00099	0,12

En cuanto a la temperatura de procesamiento, en cada uno del primer procedimiento de chorreado con granalla S6 y el segundo procedimiento de chorreado con granalla S7, resulta adecuada una temperatura dentro de un intervalo de 150 a 350 °C. Es decir, estos procedimientos son procedimientos de chorreado en caliente (chorreado térmico) que utilizan el calor restante después del tratamiento térmico. Además, el segundo procedimiento de chorreado con granalla S7 se lleva a cabo a una temperatura de procesamiento inferior a la del primer procedimiento de chorreado con granalla S6.

De acuerdo con los procedimientos de chorreado con granalla S6 y S7 del ejemplo 1, es posible producir una gran tensión residual compresiva desde la superficie hasta la posición profunda sin comprimir el muelle helicoidal a diferencia del chorreado en estado de trabajo convencional. Como resultado de esto, los equipos configurados para comprimir el muelle helicoidal se vuelven innecesarios, a diferencia del caso de chorreado en estado de trabajo. Además, los intervalos entre las partes del alambre de muelle no se reducen a diferencia del chorreado en estado de trabajo, y por lo tanto es posible que la granalla golpee suficientemente el interior del muelle helicoidal o las posiciones entre las partes del alambre de muelle.

Después de que se han llevado a cabo las dos etapas de los procedimientos de chorreado con granalla S6 y S7, se lleva a cabo un procedimiento de preajuste S8 y un procedimiento de pintura S9. Posteriormente, para inspeccionar la apariencia externa y las características del muelle helicoidal, se realiza un procedimiento de inspección S10. Cabe señalar que el procedimiento de preajuste S8 puede omitirse.

La Figura 4 muestra un procedimiento de fabricación de un caso en el que el muelle helicoidal se embobina en el trabajo en frío. Como se muestra en la Figura 4, el alambre de muelle antes de ser sometido al procedimiento de bobinado se somete por adelantado a un tratamiento térmico como el procedimiento de enfriamiento S11, el procedimiento de revenido S12 y similares. El alambre de muelle se forma en una forma helicoidal en un procedimiento de doblado (procedimiento de bobinado) S13 que se realiza como trabajo en frío. Posteriormente, en un procedimiento de recocido de liberación de tensión S14, el muelle helicoidal se deja como está en una atmósfera de una temperatura predeterminada durante un periodo de tiempo predeterminado, por lo que se elimina la tensión de procesamiento causada durante el tiempo de formación.

A continuación, en este procedimiento de fabricación mostrado en la Figura 4 como en el caso del muelle helicoidal formado en caliente de la Figura 3, se lleva a cabo el procedimiento de ajuste en caliente S5, el primer procedimiento de chorreado con granalla S6, el segundo procedimiento de chorreado con granalla S7, el procedimiento de preajuste S8, el procedimiento de pintura S9 y el procedimiento de inspección S10. Se debe tener en cuenta que el muelle helicoidal también puede ser embobinado durante el trabajo en caliente. Cabe señalar que el procedimiento de preajuste S8 puede omitirse.

La Figura 5 muestra la distribución de la tensión residual compresiva del muelle helicoidal del ejemplo 1. La abscisa de la Figura 5 representa posiciones desde la superficie del alambre de muelle en la dirección de profundidad. Aunque la ordenada de la Figura 5 representa la tensión residual, de acuerdo con las costumbres del campo técnico, los valores de tensión residual compresiva se expresan como valores negativos.

Como se muestra en la Figura 5, la tensión residual compresiva del muelle helicoidal del ejemplo 1 incluye una parte de aumento de tensión residual T1, parte de tensión alta T2, parte de pico de tensión residual T3 y parte de disminución de tensión residual T4. En la parte de aumento de tensión residual T1, la tensión residual compresiva aumenta desde la superficie del alambre de muelle hacia el interior del alambre de muelle en la dirección de la profundidad. En la parte de tensión alta T2, la tensión residual compresiva se mantiene en un nivel alto. En la parte de pico de tensión residual T3, la tensión residual compresiva llega a ser máxima. En la

parte de disminución de tensión residual T4, la tensión residual compresiva disminuye desde la parte de pico de tensión residual T3 en la dirección de profundidad del alambre de muelle. Además, en el muelle helicoidal de este ejemplo 1, en la parte de disminución de tensión residual T4, existe una parte B que tiene la magnitud de la tensión residual compresiva que es equivalente a la magnitud del valor de tensión residual compresiva A en la superficie del alambre de muelle en una posición a una profundidad que excede la profundidad de picadura admisible $R_{\max}$ del alambre de muelle.

En este caso, la profundidad de picadura admisible $R_{\max}$ implica la profundidad de picadura máxima asociada con la posibilidad de que el muelle helicoidal para suspensión, que tiene la distribución de la tensión residual compresiva obtenida por el chorreado con granalla convencional, se rompa mientras se produce una fisura por fatiga en la parte inferior o similar de la picadura de corrosión un punto de partida. En el muelle helicoidal convencional, cuando la profundidad de la picadura de corrosión se acerca a 0,2 a 0,25 mm, existe una alta probabilidad de que el muelle helicoidal se rompa. La profundidad de picadura admisible en este caso es de 0,25 mm.

Como se muestra en la Figura 5, en el muelle helicoidal del ejemplo 1, la parte B que tiene la magnitud de la tensión residual compresiva que es equivalente a la magnitud del valor de tensión residual compresiva A en la superficie del alambre del muelle existe en una posición a una profundidad que excede la profundidad de picadura admisible $R_{\max}$ del alambre de muelle. Además, el muelle helicoidal del ejemplo 1 tiene una tensión residual compresiva de -400 MPa o más en una región amplia desde la superficie hasta una posición a una profundidad que excede la profundidad de picadura admisible $R_{\max}$.

En cada uno de los casos mostrados por el ejemplo 1, y los ejemplos 2 a 5 que se describirán más adelante, se lleva a cabo el procedimiento de chorreado con granalla en dos etapas (doble chorreado con granalla en caliente) constituido por el primer procedimiento de chorreado con granalla S6 y el segundo procedimiento de chorreado con granalla S7. Es decir, mediante el primer procedimiento de chorreado con granalla S6 de la primera etapa, el pico de la tensión residual compresiva aparece en una posición más profunda de la superficie y, además, la tensión residual compresiva se produce hasta la posición profunda. Además, mediante el segundo procedimiento de chorreado con granalla S7 de la segunda etapa, es posible mejorar la tensión residual compresiva cerca de la superficie como lo indica la flecha h en la Figura 5. De este modo, es posible obtener la parte de tensión alta T2 en la que la tensión residual compresiva se mantiene en un nivel alto en una región desde la proximidad de la superficie hasta una posición profunda.

Cabe señalar que cuando el alambre de muelle se calienta en la atmósfera, su superficie se descarboniza y la dureza de la superficie se vuelve más pequeña que la del interior en aproximadamente 125 HV. La resistencia de la tensión residual compresiva es proporcional a la dureza del muelle. Es decir, a medida que la dureza del muelle se vuelve más pequeña, la tensión residual compresiva también se vuelve más pequeña. Cuando la dureza del muelle es de 515 HV, que es el límite inferior del intervalo de dureza de 50 a 56 HRC (515 a 615 HV), y la dureza mínima de la superficie a la que se ha producido la descarbonización es de 390 HV, el valor de la tensión residual compresiva de la superficie en ese instante se establece en aproximadamente -400 MPa o más.

Ejemplo 2

El tipo de acero del alambre de muelle es el acero para muelles de alta resistencia a la corrosión (acero para muelles S) idéntico al del ejemplo 1. Los procedimientos de fabricación son idénticos a los del ejemplo 1, excepto por el tamaño de la granalla utilizado en un primer procedimiento de chorreado con granalla S6. En este ejemplo 2, la primera granalla que tiene un tamaño de granalla de 1,1 mm se usó en el primer procedimiento de chorreado con granalla S6. Después del primer procedimiento de chorreado con granalla S6, se llevó a cabo un segundo procedimiento de chorreado con granalla S7 utilizando la segunda granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,67 mm. La velocidad de la granalla y la temperatura de procesamiento fueron idénticas a las del ejemplo 1.

La Figura 6 muestra la distribución de la tensión residual compresiva del ejemplo 2. El muelle helicoidal del ejemplo 2 también tiene, como en el ejemplo 1, una parte de aumento de la tensión residual T1, una parte de tensión alta T2, una parte de pico de tensión residual T3 y una parte de disminución de tensión residual T4. Como se describió anteriormente, en la parte de aumento de tensión residual T1, la tensión residual compresiva aumenta desde la superficie del alambre de muelle en la dirección de la profundidad. En la parte de tensión alta T2, la tensión residual compresiva se mantiene en un nivel alto. En la parte de pico de tensión residual T3, la tensión residual compresiva llega a ser máxima. En la parte de disminución de tensión residual T4, la tensión residual compresiva disminuye desde la parte de pico de tensión residual T3 en la dirección de profundidad del alambre de muelle. En el muelle helicoidal del ejemplo 2, como en el caso del ejemplo 1, una parte B que tiene una magnitud de tensión residual compresiva equivalente a la magnitud del valor de tensión residual compresiva A en la superficie del alambre del muelle existe en una posición a una profundidad que excede la profundidad de picadura admisible $R_{\max}$ del alambre de muelle. Además, el muelle helicoidal del ejemplo 2 tiene una tensión residual compresiva de -400 MPa o más en una región amplia desde la superficie hasta una posición a una

profundidad que excede la profundidad de picadura admisible $R_{\max}$.

Ejemplo 3

5 El tipo de acero del alambre de muelle es el acero para muelles de alta resistencia a la corrosión (acero para muelles S) idéntico al ejemplo 1. Los procedimientos de fabricación son idénticos a los del ejemplo 2, excepto que el calentamiento por alta frecuencia se utiliza para el tratamiento térmico del alambre de muelle. En este ejemplo 3, el alambre de muelle se calienta mediante calentamiento por alta frecuencia en un procedimiento de enfriamiento S3, por lo que se evita que la superficie del alambre de muelle se descarbonice. En un primer procedimiento de chorreado con granalla S6, se utilizó la primera granalla que tiene un tamaño de granalla de 1,1 mm. En un segundo procedimiento de chorreado con granalla S7, se utilizó la segunda granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,67 mm. La velocidad de la granalla y la temperatura de procesamiento fueron idénticas a las del ejemplo 1.

15 La Figura 7 muestra la distribución de la tensión residual compresiva del ejemplo 3. El muelle helicoidal del ejemplo 3 también tiene, como en los ejemplos 1 y 2, una parte de aumento de la tensión residual T1, una parte de tensión alta T2, una parte de pico de tensión residual T3 y una parte de disminución de tensión residual T4. Además, en la parte de disminución de tensión residual T4, una parte B que tiene la magnitud de la tensión residual compresiva que es equivalente a la magnitud del valor de tensión residual compresiva A en la superficie del alambre de muelle existe en una posición a una profundidad que excede la profundidad de picadura admisible $R_{\max}$ del alambre de muelle. Además, el muelle helicoidal del ejemplo 3 tiene una tensión residual compresiva de -400 MPa o más en una región amplia desde la superficie hasta una posición a una profundidad que excede la profundidad de picadura admisible $R_{\max}$.

Ejemplo 4

25 El tipo de acero de SAE 9254 se usó como alambre de muelle. Los componentes químicos (% en masa) del SAE 9254 son C: 0,51 a 0,59, Si: 1,20 a 1,60, Mn: 0,60 a 0,80, Cr: 0,60 a 0,80, S: 0,040 máx., P: 0,030 máx., y Fe: restante. Los procedimientos de fabricación son idénticos a los del ejemplo 1. En este ejemplo 4, el alambre de muelle constituido por SAE 9254 (dureza: 53,5 HRC) se sometió a un primer procedimiento de chorreado con granalla (velocidad: 76 m/s, temperatura de procesamiento: 230 °C) utilizando la primera granalla que tiene un tamaño de granalla de 1,0 mm. Posteriormente, el alambre de muelle se sometió a un segundo procedimiento de chorreado con granalla (velocidad: 46 m/s, temperatura de procesamiento: 200 °C) utilizando la segunda granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,67 mm.

Ejemplo 5

35 Se usó el tipo de acero de SAE 9254 como alambre de muelle, y se fabricó un muelle helicoidal mediante los mismos procedimientos que en el ejemplo 2. Es decir, en el ejemplo 5, el alambre de muelle constituido por SAE 9254 (dureza: 53,5 HRC) se sometió a un primer procedimiento de chorreado con granalla (velocidad: 76 m/s, temperatura de procesamiento: 230 °C) utilizando la primera granalla que tiene un tamaño de granalla de 1,1 mm. Posteriormente, el alambre de muelle se sometió a un segundo procedimiento de chorreado con granalla (velocidad: 46 m/s, temperatura de procesamiento: 200 °C) utilizando la segunda granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,67 mm.

Ejemplo comparativo 1

40 Como alambre de muelle, se usó el acero para muelles de alta resistencia a la corrosión (acero para muelles S) idéntico al del ejemplo 1. Los procedimientos de fabricación son comunes a los del ejemplo 1, excepto por las condiciones de chorreado con granalla. En el ejemplo comparativo 1, en un primer procedimiento de chorreado con granalla, el alambre de muelle se aplicó con la primera granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,87 mm a una velocidad de 76 m/s. La temperatura de procesamiento fue de 230 °C. Posteriormente, en un segundo procedimiento de chorreado con granalla, el alambre de muelle se aplicó con la segunda granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,67 mm a una velocidad de 46 m/s. La temperatura de procesamiento fue de 200 °C.

45 La Figura 8 muestra la distribución de la tensión residual compresiva del ejemplo comparativo 1. Como se muestra en la Figura 8, el valor máximo de la tensión residual compresiva del ejemplo comparativo 1 soporta la comparación con los ejemplos 1 a 3. Sin embargo, en el ejemplo comparativo 1, una parte B' en la que la tensión residual compresiva equivalente al valor de tensión residual compresiva A' en la superficie del alambre de muelle está ubicada en una posición considerablemente más baja en comparación con la profundidad de picadura admisible $R_{\max}$ (0,25 mm). Como resultado de esto, existe la posibilidad de que se produzca una fisura por fatiga en la parte inferior o similar de una picadura de corrosión, y que el muelle helicoidal se rompa cuando la picadura de corrosión se acerque a la profundidad de picadura admisible (0,25 mm).

Ejemplo comparativo 2

El ejemplo comparativo 2 es idéntico al ejemplo comparativo 1, excepto que se empleó SAE 9254 como tipo de acero para el alambre de muelle. En el ejemplo comparativo 2, el alambre de muelle (dureza: 53,5 HRC) constituido por SAE 9254 se sometió a un primer procedimiento de chorreado con granalla (velocidad: 76 m/s, temperatura de procesamiento: 230 °C) utilizando la primera granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,87 mm. Posteriormente, el alambre de muelle se sometió a un segundo procedimiento de chorreado con granalla (velocidad: 46 m/s, temperatura de procesamiento: 200 °C) utilizando la segunda granalla que tiene un tamaño de granalla de 0,67 mm.

Resultado de la prueba de fatiga

La Figura 9 muestra los resultados de las pruebas de fatiga por corrosión de los ejemplos 1 y 2, y el ejemplo comparativo 1. En la prueba de fatiga por corrosión, el muelle helicoidal se sometió a ciclos de prueba, cada uno de los cuales está constituido por someter el muelle helicoidal a la pulverización con agua salada (5% de NaCl) durante 30 minutos, luego se somete el muelle helicoidal a una vibración 3000 veces, y luego se mantiene el muelle helicoidal en un ambiente con una humedad del 95% durante 23 horas hasta que se rompe el muelle helicoidal, por último, se midió el número total de vibraciones. La tensión de prueba fue de 1200 MPa.

Como se muestra en la Figura 9, en el ejemplo 1, la vida de corrosión se mejoró notablemente al 123% en comparación con la vida de corrosión (100%) del ejemplo comparativo 1. Además, en el ejemplo 2, la vida de corrosión se mejoró aún más al 145%. Como se describió anteriormente, en los muelles helicoidales de los ejemplos 1 y 2 anteriores, la resistencia a la corrosión de los muelles helicoidales de suspensión se mejoró en gran medida mediante el chorreado en caliente usando la granalla de grano grande que tiene un tamaño de granalla de 1,0 mm o más.

En el muelle de suspensión convencional, cuando la picadura de corrosión crece para acercarse a la profundidad de picadura admisible R_{max} , una fisura ocurre antes en la parte inferior de la picadura y la fisura crece rápidamente, rompiendo así el muelle. A la inversa, en los ejemplos descritos anteriormente, la tensión residual compresiva que excede -400 MPa se imparte incluso a una posición profunda que excede la profundidad de picadura admisible R_{max} . Además, en los ejemplos descritos anteriormente, el valor de la tensión residual compresiva en una posición que excede la profundidad de picadura admisible R_{max} es equivalente o mayor que el valor de la tensión residual compresiva en la superficie del muelle, y es posible evitar el gradiente de un cambio en la tensión residual compresiva se vuelva elevado. Como resultado de esto, en cada uno de los muelles helicoidales de los ejemplos de acuerdo con la presente invención, incluso cuando la picadura de corrosión crece para alcanzar la profundidad de picadura admisible R_{max} , la tensión residual compresiva aún permanece en la profundidad, y por lo tanto es posible poder suprimir la aparición de una fisura en la parte inferior de la picadura. En consecuencia, incluso cuando se ha producido una fisura, es posible ralentizar el crecimiento posterior de la fisura, por lo que es posible mejorar enormemente la durabilidad de la corrosión.

La Figura 10 muestra los resultados de las pruebas de fatiga por corrosión de los ejemplos 4 y 5, y el ejemplo comparativo 2. En este caso, la vida de corrosión de un caso en el que la prueba de fatiga por corrosión del muelle helicoidal del ejemplo comparativo 2 se realiza a la tensión de prueba de 1100 MPa, se define como el 100%, y las vidas de corrosión de los casos en los que se realizan pruebas a la tensión de prueba de 1200 MPa al aumentar la tensión de prueba en 100 MPa se comparan con la vida de corrosión del ejemplo comparativo 2 anterior. Cuando la tensión se incrementa de 1100 a 1200 MPa, la vida de corrosión se reduce a 65% en el ejemplo comparativo 2. A la inversa, en el ejemplo 4, se obtuvo una vida de corrosión del 104% que fue mayor que la convencional. Además, en el ejemplo 5, la vida de corrosión se mejoró en gran medida al 160%.

Como se describió anteriormente, en los muelles helicoidales de los ejemplos 4 y 5, incluso cuando la tensión empleada se incrementó en 100 MPa, fue posible lograr una durabilidad a la corrosión equivalente o superior a la del muelle helicoidal convencional. Como resultado de esto, fue posible utilizar el muelle helicoidal para suspensión a un mayor esfuerzo y efectuar una reducción de peso. Por ejemplo, en el muelle convencional de la clase de 1100 MPa, el diámetro del alambre fue de 12,1 mm, el número total de espiras fue de 5,39 y el peso fue de 2,09 kg, mientras que en el muelle que se usará a 1200 MPa, el diámetro del alambre es de 11,7 mm, el número total de espiras es de 4,93 y el peso es de 1,79 kg, por lo que se logra una reducción de peso del 14,4%. En el muelle que se usará a 1300 MPa, el diámetro del alambre es de 11,4 mm, el número total de espiras es de 4,61 y el peso es de 1,58 kg, con lo que se logra una reducción de peso del 23,4%.

En la distribución de la tensión residual compresiva que puede ser adquirida mediante el chorreado con granalla convencional, incluso cuando se intenta producir una tensión residual compresiva superior a -400 MPa hasta una profundidad de aproximadamente 0,25 mm, el gradiente de atenuación de la tensión residual compresiva desde la superficie en la dirección de la profundidad es elevado y, por lo tanto, la tensión residual compresiva en la superficie debe ser extremadamente alta. Como resultado de esto, ha sido difícil llevar a cabo el intento anterior debido al límite en el procedimiento de fabricación. Además, no es imposible producir una tensión residual compresiva hasta una región profunda utilizando el tamaño de granalla convencional y aumentando la velocidad. Sin embargo, en este caso, para lograr que la energía cinética de la granalla sea del doble, es necesario

aumentar la velocidad de 78 m/s (velocidad de rotación del impulsor 2300 rpm) a 109 m/s (velocidad de rotación del impulsor 3279 rpm). Como resultado de esto, se producen problemas de aumento de ruido o vibración, aumento del consumo de energía, aumento del desgaste del equipo y similares. Además, en vista del costo de fabricación, el hecho de aumentar la velocidad de la granalla no es adecuado para la producción en masa (aplicación práctica). Además, en el chorreado con granalla convencional, la magnitud de la tensión residual compresiva en la parte inferior de la picadura de corrosión es marcadamente y relativamente más baja que la magnitud de la tensión residual compresiva en la superficie. Como resultado de esto, incluso cuando la tensión residual compresiva se produce hasta una posición en la vecindad de la parte inferior de la picadura de corrosión, esto tiene un efecto mínimo en cuanto a evitar que se produzca una fisura en la vecindad de la parte inferior de la picadura de corrosión.

A la inversa, en la distribución de la tensión residual compresiva de cada uno de los ejemplos de acuerdo con la presente invención, se imparte una gran tensión residual compresiva (mayor que -400 MPa) a una posición profunda que excede la parte inferior de la picadura de corrosión. Además, la tensión residual compresiva cerca de la superficie del muelle y la tensión residual compresiva cerca de la parte inferior de la picadura de corrosión se mantienen al mismo nivel. Además, se evita que el gradiente de un cambio en la tensión residual compresiva se vuelva pronunciado en la región desde la superficie del muelle hasta la parte inferior de la picadura de corrosión. En virtud de los hechos anteriores, incluso cuando la picadura de corrosión crece, es posible prevenir efectivamente que ocurra una fisura cerca de la parte inferior de la picadura o evitar que crezca la fisura.

Aplicabilidad industrial

Con respecto al efecto de cada uno de los ejemplos descritos anteriormente, se observa la misma tendencia independientemente de los tipos de acero, en muchos tipos de acero que incluyen el acero para muelles altamente resistente a la corrosión mencionado anteriormente (acero para muelles S), SAE 9254 y en, por ejemplo, el acero para muelles SUP7 conforme a las Normas Industriales Japonesas (JIS), se obtuvo el mismo resultado. Además, de acuerdo con la presente invención, es posible mejorar la durabilidad de la corrosión utilizando un acero para muelles comúnmente utilizado para un muelle helicoidal para suspensión, y, por lo tanto, también se obtiene el efecto de lograr evitar que el costo del material del muelle helicoidal sea elevado. Es posible aplicar el muelle helicoidal de acuerdo con la presente invención a los mecanismos de suspensión de diversos tipos de vehículos, incluyendo los automóviles.

Lista de Signos de Referencia

- 12 ... muelle helicoidal para la suspensión de un vehículo
- 20 ... alambre de muelle
- T1 ... parte de aumento de tensión residual
- T2 ... parte de tensión alta
- T3 ... parte de pico de tensión residual
- T4 ... parte de disminución de tensión residual

REIVINDICACIONES

1. Un muelle helicoidal (12) para la suspensión de un vehículo fabricado a partir de un alambre de muelle (20) al que se le imparte una tensión residual compresiva mediante chorreado con granalla que comprende:
 - una parte de aumento de tensión residual (T1) en la que la tensión residual compresiva aumenta desde la superficie del alambre de muelle (20) en una dirección de profundidad;
 - una primera parte de pico de tensión residual (T3) en la que la tensión residual compresiva llega a ser máxima; y
 - una parte de disminución de tensión residual (T4) en la que la tensión residual compresiva disminuye desde la primera parte de pico de tensión residual (T3) en la dirección de profundidad del alambre de muelle (20),

caracterizado porque además comprende:

 - una segunda parte de pico de tensión residual formada entre la superficie del alambre de muelle (20) y la primera parte de pico de tensión residual (T3), siendo la tensión residual compresiva de la segunda parte de pico de tensión residual mayor que la tensión residual compresiva en la superficie del alambre de muelle (20), y

caracterizado porque:

 - en la parte de disminución de tensión residual (T4), una parte (B) que comprende la tensión residual compresiva cuya magnitud es equivalente a la magnitud de la tensión residual compresiva en la superficie del alambre de muelle (20), existe en una posición a una profundidad que excede de 0,25 mm desde la superficie del alambre de muelle (20).
2. El muelle helicoidal (12) para la suspensión de un vehículo según la reivindicación 1, **caracterizado porque:** una tensión residual compresiva de -400 MPa o superior se imparte a una región desde la superficie del alambre de muelle (20) hasta una posición a una profundidad de 0,25 mm desde la superficie.
3. El muelle helicoidal (12) para la suspensión de un vehículo según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la dureza del alambre de muelle (20) es de 50 a 56 HRC.
4. Un procedimiento para fabricar un muelle helicoidal (12) para la suspensión de un vehículo que comprende:
 - un procedimiento de doblado (S2) para formar un alambre de muelle (20) constituido por un acero para muelles de forma helicoidal;
 - un primer procedimiento de chorreado con granalla (S6) configurado para impartir tensión residual compresiva al alambre de muelle (20) aplicando el alambre de muelle (20) con la primera granalla de un tamaño de granalla de 1,0 mm o más; y
 - un segundo procedimiento de chorreado con granalla (S7) configurado para aplicar el alambre de muelle (20) siendo la segunda granalla más pequeña en tamaño que la primera granalla después del primer procedimiento de chorreado con granalla (S6),

caracterizado porque

 - mediante el primer procedimiento de chorreado con granalla (S6) y el segundo procedimiento de chorreado con granalla (S7), una parte de aumento de tensión residual (T1) en la que la tensión residual compresiva aumenta desde la superficie del alambre de muelle (20) en una dirección de profundidad,
 - una primera parte de pico de tensión residual (T3) en la que la tensión residual compresiva llega a ser máxima, y una parte de disminución de tensión residual (T4) en la que la tensión residual compresiva disminuye desde la parte de pico de tensión residual (T3) se generan en la dirección de profundidad del alambre de muelle (20), y se forma una segunda parte de pico de tensión residual entre la superficie del alambre de muelle (20) y la primera parte de pico de tensión residual (T3), siendo la tensión residual compresiva de la segunda parte de pico de tensión residual mayor que la tensión residual compresiva en la superficie del alambre de muelle (20), y
 - en la parte de disminución de tensión residual (T4), una parte que comprende la tensión residual compresiva cuya magnitud es equivalente a la magnitud de la tensión residual compresiva en la superficie del alambre de muelle (20) se genera en una posición a una profundidad que excede de 0,25 mm de la superficie del alambre de muelle (20).
5. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el primer procedimiento de chorreado con granalla (S6) y el segundo procedimiento de chorreado con granalla (S7) se llevan a cabo en un estado en el que el alambre de muelle (20) se mantiene a una temperatura de procesamiento de 150 a 350 °C.
6. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la temperatura de procesamiento en el primer procedimiento de chorreado con granalla (S6) es mayor que la temperatura de procesamiento en el segundo procedimiento de chorreado con granalla (S7).

7. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la energía cinética de la primera granalla en el primer procedimiento de chorreado con granalla (S6) es mayor que la energía cinética de la segunda granalla en el segundo procedimiento de chorreado con granalla (S7).

5

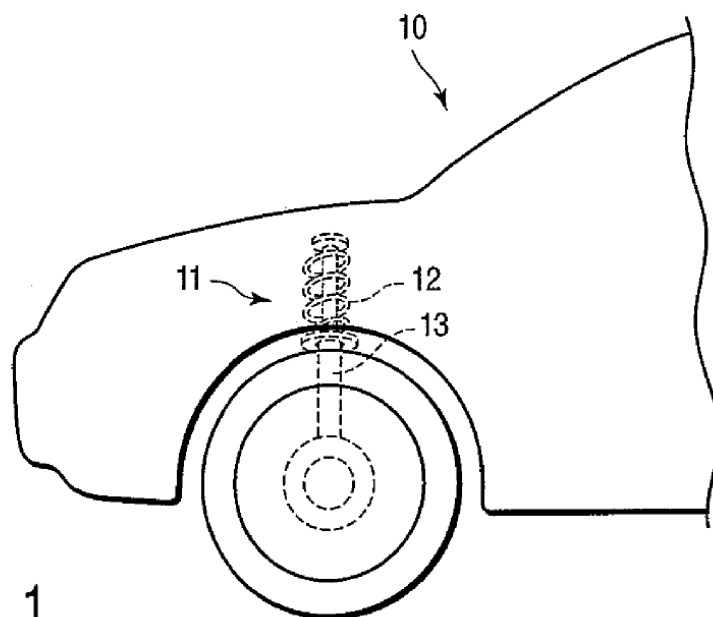


FIG. 1

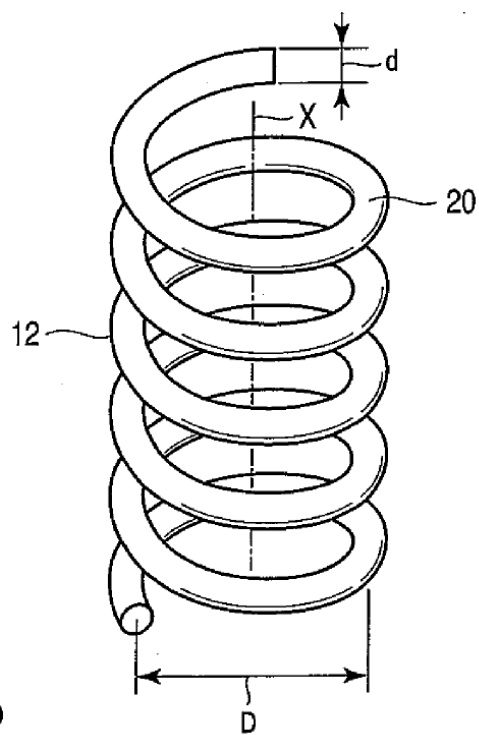


FIG. 2

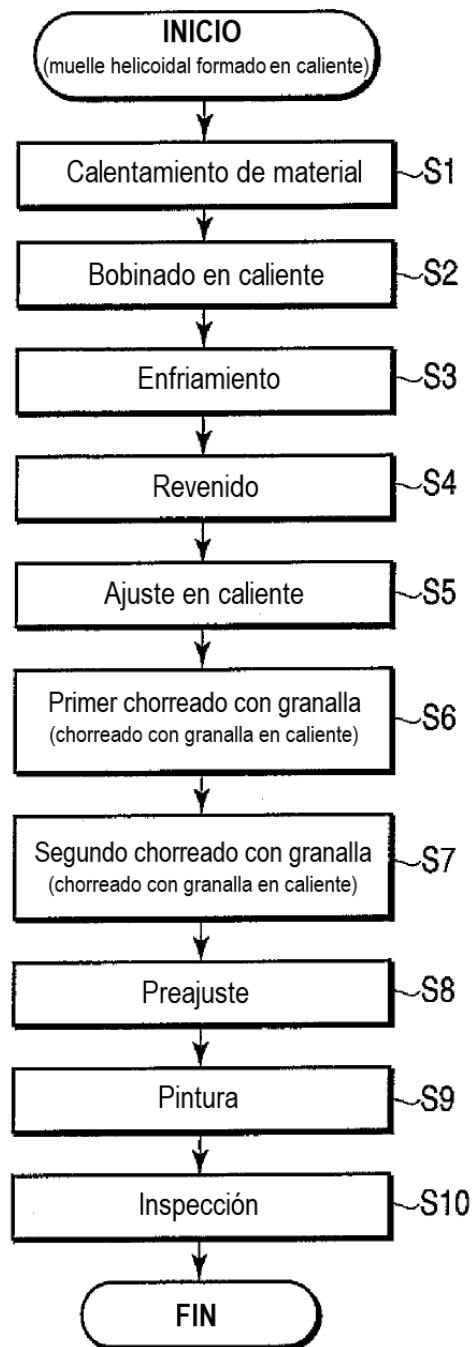


FIG. 3

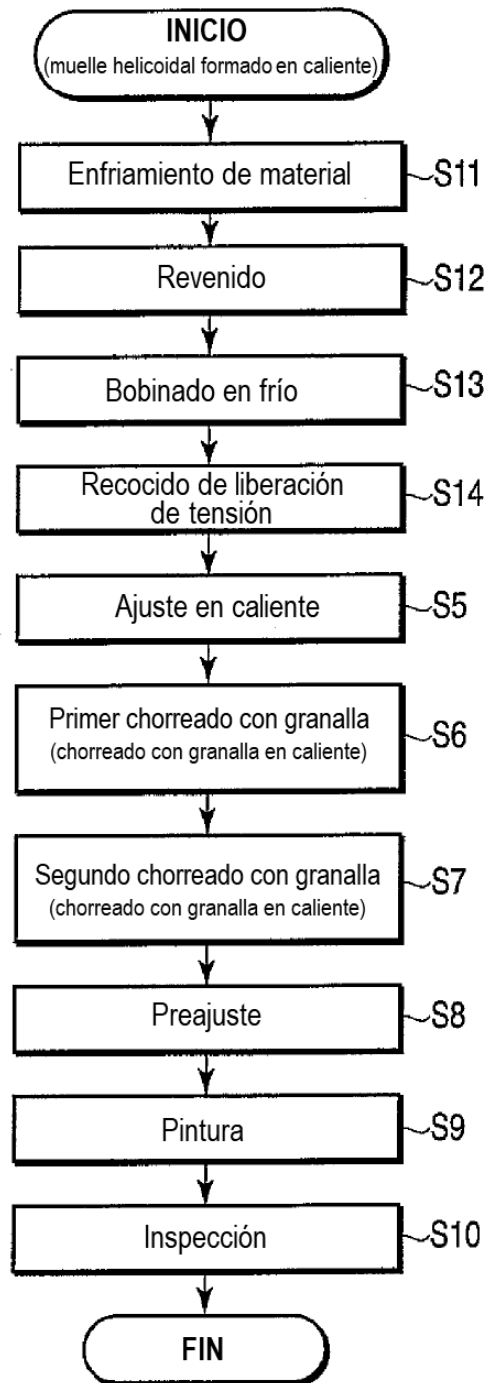


FIG. 4

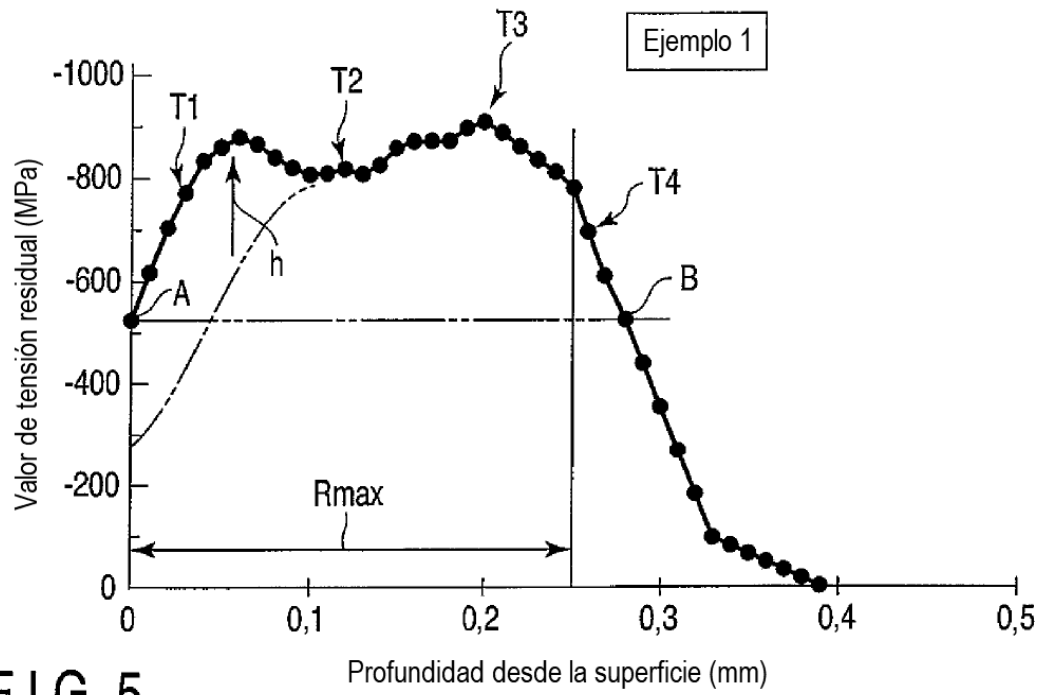


FIG. 5

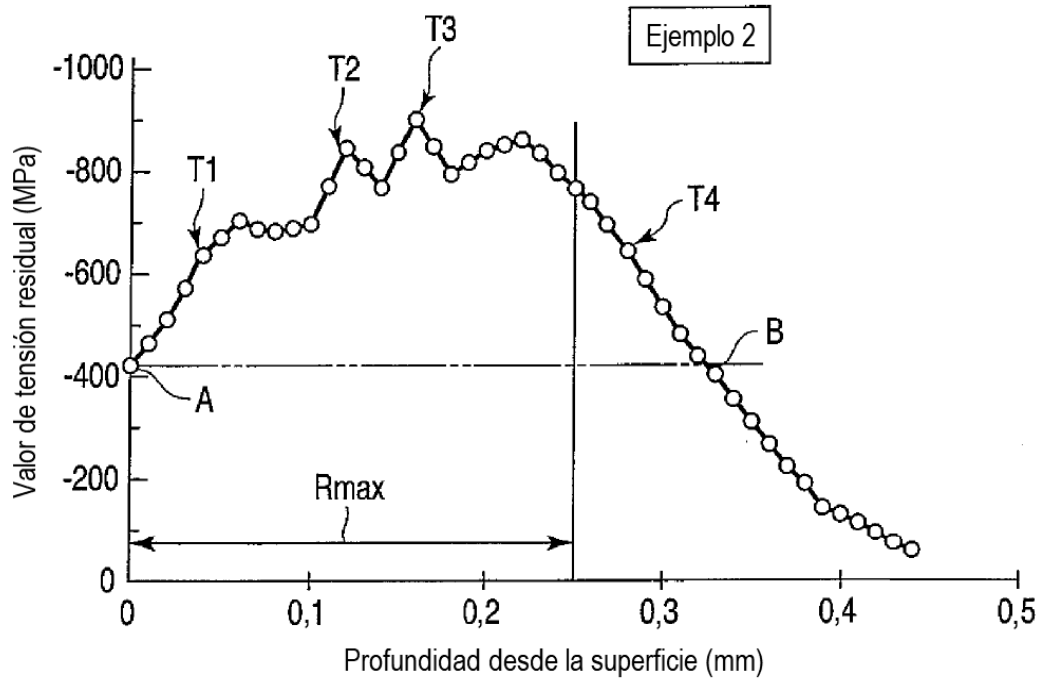


FIG. 6

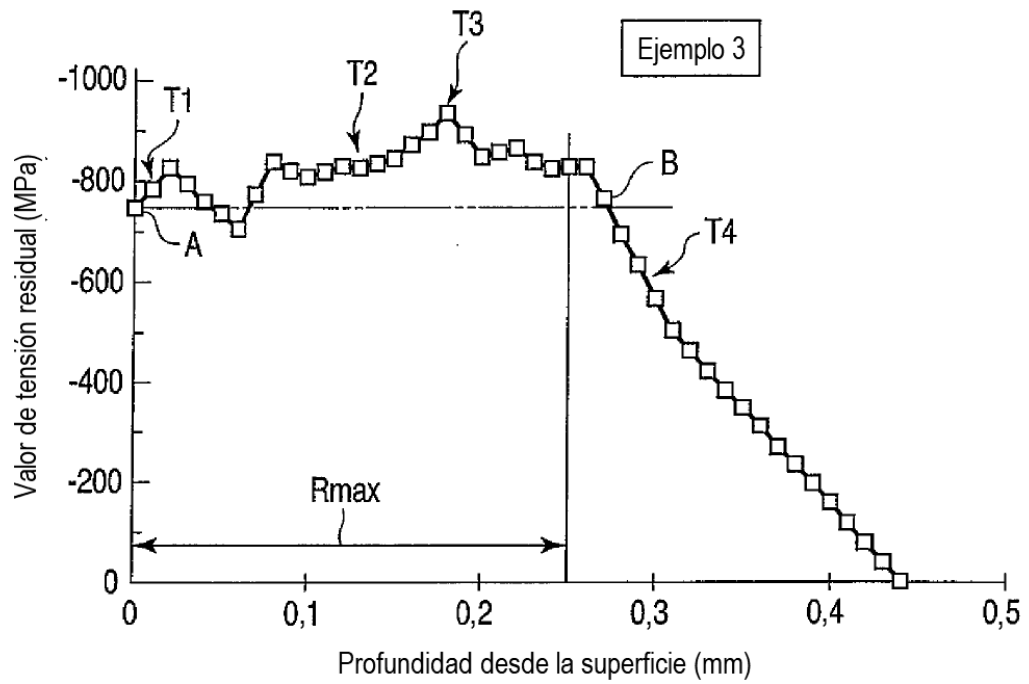


FIG. 7

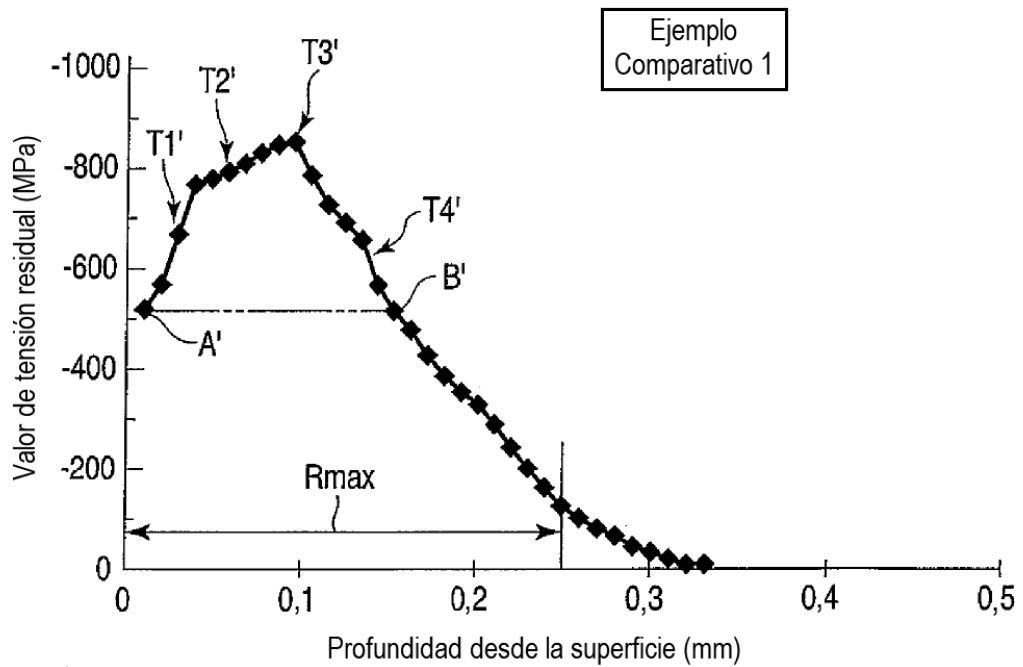


FIG. 8

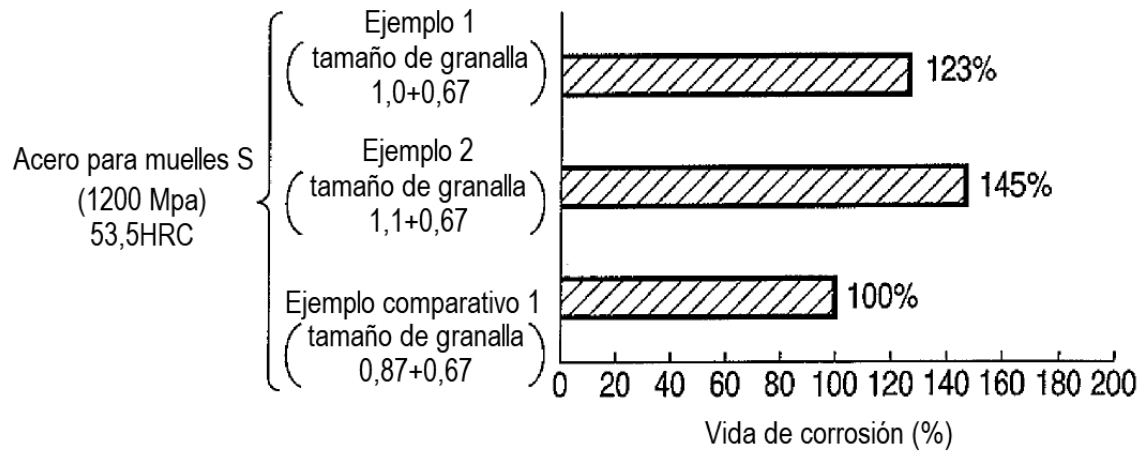


FIG. 9

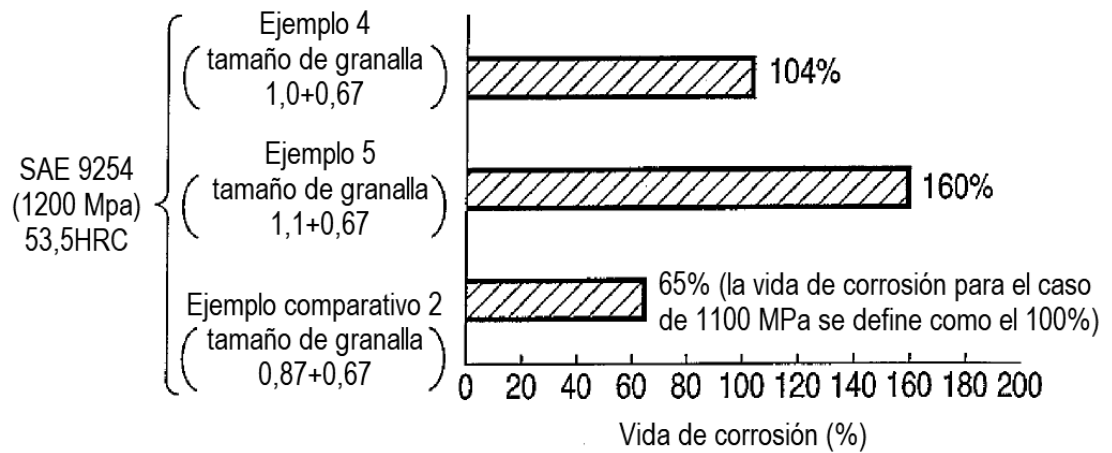


FIG. 10

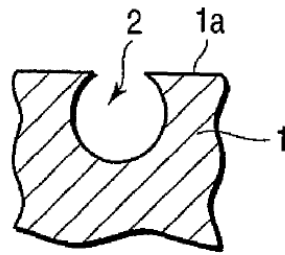


FIG. 11

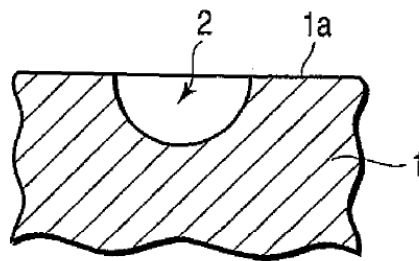


FIG. 12

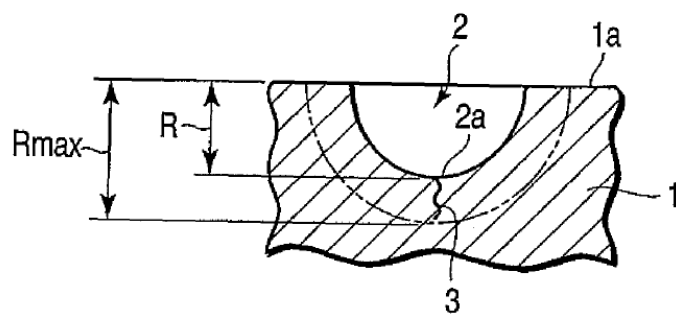


FIG. 13