



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 323 677**

51 Int. Cl.:
G02C 5/00 (2006.01)
C22F 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02704677 .0**
96 Fecha de presentación : **30.01.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1360540**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.11.2003**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de monturas para gafas y/o sus partes.**

30 Prioridad: **02.02.2001 IT MI01A0195**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.07.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.07.2009

73 Titular/es: **AVNET TECHNOLOGIES L.L.C.**
1220 N. Market Street, Suite 808
Wilmington, Delaware 19801, US

72 Inventor/es: **Rossin, Paolo**

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

Procedimiento de fabricación de monturas para gafas y/o sus partes.

5 La presente invención se refiere a monturas para gafas y/o sus partes. En particular, estas monturas para gafas y/o partes están fabricadas a partir de aleaciones de NiTi con memoria de forma, adecuadamente procesadas.

La fabricación de monturas para gafas, con materiales elásticos adecuados, ha sido ya realizada en la técnica anterior y se han encontrado numerosas y variadas soluciones.

10 Las monturas, de hecho, comercializadas por los ópticos suelen tener una estructura estándar, que posteriormente el óptico puede adaptar a las características faciales del usuario con el objetivo de obtener un producto que sea perfectamente adaptado para dichas características faciales, por medio de operaciones de curvado específicas efectuadas en dichas monturas.

15 En la fabricación de monturas para gafas, se utilizan aleaciones de acero inoxidable, por ejemplo, o aleaciones a base de cobre o de cuproníquel o níquel-plata. Esta selección se debe a la fácil formación y procesamiento de estas aleaciones. Una limitación reconocida de estas aleaciones, sin embargo, radica en su elasticidad deficiente. Durante el uso normal, de hecho, se pueden curvar, de forma fácil y permanente, creando una geometría distorsionada de las monturas. Estas deformaciones permanentes producen, además, una incomodidad general para el usuario puesto que no es uniforme la distribución del peso de las gafas sobre la cara, perdiendo, en consecuencia, la distancia correcta entre lentes y ojos.

25 En vista de estas consideraciones, numerosos artículos y patentes han propuesto el uso de aleaciones con memoria de forma en la fabricación de monturas, con una mayor elasticidad. Las aleaciones con memoria de forma, en realidad, presentan la propiedad de tolerar deformaciones considerables sin sufrir una deformación plástica permanente. Se afirma, por ejemplo, que la deformación máxima que puede soportarse por un metal o aleación con memoria de forma es aproximadamente 10 veces mayor que la de un metal tradicional. Esta característica varía según los materiales y el procesamiento termo-mecánico, pero justifica evidentemente el interés por estos materiales.

30 La primera solicitud de patente para el uso de aleaciones con memoria de forma, en monturas para gafas, se remonta al año 1979 y desde entonces, se presentaron numerosas solicitudes de patente al respecto. El motivo de esta larga lista de solicitudes radica en la naturaleza bastante compleja del mecanismo que es responsable del efecto con memoria de forma y las propiedades pseudoelásticas de aleaciones con memoria de forma.

35 Las aleaciones con memoria de forma son, en realidad, materiales metálicos en los que tiene lugar una transformación de fase al estado sólido. Esta transformación se denomina “transformación martensítica termoelástica” (TMT) y es una transformación termodinámica del primer orden al estado sólido, que se puede favorecer por los cambios de temperatura o por la aplicación y retirada de un estado de esfuerzo mecánico (a partir del cual se deriva el término termoplástico). Una TMT transforma una estructura cristalográfica cúbica, normalmente ordenada (que suele indicarse como Austenita) en una estructura cristalográfica con una simetría más baja, que se suele indicar como Martensita. Resulta bastante difícil proporcionar una explicación detallada del mecanismo que proporciona a las aleaciones con memoria de forma sus propiedades mecánicas inusuales, pero se realiza una simple mención y se proporciona una ilustración en la Figura 1. Cuando la martensita termoelástica se forma en un metal con memoria de forma, la disposición cristalográfica de los átomos pasa desde una estructura ordenada cúbica a una forma más compleja con numerosas interfases internas (generalmente constituidas por estructuras de maclación (Figura 1b), que presentan la propiedad característica de movimiento muy fácil. Cuando se impone una deformación sobre esta estructura martensítica, las interfases de los planos de maclación tienden a expandirse y asentarse para reducir al mínimo, de este modo, la deformación a un nivel microscópico (Figura 1(c)). Un cambio en la estructura macroscópica tiene lugar sin causar ningún daño permanente en la estructura interna. Desde el punto de vista del material, por lo tanto, no se produce ningún cambio a un nivel microscópico y una vez que se calienta el metal de nuevo a la fase austenítica, es capaz de reconstruir, con bastante facilidad, la forma macroscópica original (Figura 1(d)). Este ejemplo describe lo que se suele denominar “efecto de memoria de forma unidireccional”.

55 Fue anteriormente indicado que la temperatura y un estado externo de esfuerzo mecánico pueden activar igualmente una TMT. Si un metal con memoria de forma se somete a esfuerzos externos (por ejemplo, si se somete a estiramiento), la martensita comienza a formarse, dentro de un intervalo de temperatura adecuado. El mecanismo de admisión de deformaciones microestructurales de esta martensita inducido por esfuerzos mecánicos es completamente equivalente a la anteriormente descrita y en consecuencia, una vez que se elimina el estado de esfuerzo mecánico, el metal de la memoria de forma recupera su forma inicial. Este caso ilustra evidentemente el efecto “pseudoelástico”.

60 Como resultado de los efectos energéticos y de los mecanismos microestructurales activos durante la TMT, la transformación inducida por la temperatura y la inducida por el esfuerzo mecánico presentan un fenómeno de histéresis. En la Figura 2, se indica una comparación entre dos ejemplos de un ciclo termodinámico completo en el plano de deformación-temperatura (ϵ , T) (Figura 2a) y en el plano de esfuerzo-deformación (σ , ϵ) (Figura 2b). Estos ejemplos proporcionan una evidencia experimental de un ciclo inducido por la temperatura (T) y un ciclo de transformación inducido por el esfuerzo mecánico (σ). Las dos representaciones gráficas ilustran el efecto de memoria de forma y el efecto pseudoelástico. En la Figura 2(a), un metal con memoria de forma se enfría originando la transformación

TMT. La transformación desde austenita a martensita tiene lugar entre la temperatura inicial de la martensita M_s y la temperatura final de la martensita M_f . Ninguna deformación macroscópica se produce espontáneamente durante la transformación de fase, pero el material en la fase de martensita es capaz de tolerar una deformación considerable sin producirse daños microestructurales.

La deformación se aplica a la fase martensítica originando una deformación permanente evidente. Cuando se calienta la muestra, la transformación desde martensita a austenita tiene lugar entre la temperatura inicial de la austenita A_s y la temperatura final de la austenita A_f . La muestra vuelve a su forma inicial dentro de este intervalo de temperatura.

En la Figura 2(b), un metal con memoria de forma se estira a una temperatura constante. Esta temperatura debe estar comprendida dentro del margen de A_f - M_d , en el que A_f es la temperatura final de la austenita antes definida, mientras que M_d es la temperatura máxima a la que la martensita puede ser inducida aplicando esfuerzos mecánicos. Por regla general, el intervalo de temperatura de A_f - M_d suele poder variar desde 10 a 50°C, dependiendo de la selección de aleación y del procesamiento del material. Al aumentar el grado de esfuerzo (que, en una cierta medida, es lo mismo que reducir la temperatura en el caso anterior), la martensita comienza a formarse en la muestra. Una evidencia experimental de que está teniendo lugar una transformación de fase, en el material, se proporciona por la sección de curva en la que la deformación prosigue con un esfuerzo constante (meseta pseudoelástica) de σ_L (esfuerzo de carga típico). Al final de la meseta, la totalidad del material ha sido transformado a la fase martensítica y es únicamente estable a un determinado grado de esfuerzo. Al eliminar el esfuerzo (descarga), la transformación TMT, desde martensita a austenita, tiene lugar a un más bajo grado de esfuerzo σ_U (esfuerzo de descarga típico) de nuevo demostrado por la presencia de una meseta en la curva de esfuerzo-deformación.

Se realizó una propuesta para aprovechar el efecto de memoria de forma y el efecto pseudoelástico en la fabricación de monturas para gafas. En el primer caso, las monturas se comportarían del siguiente modo. Si las monturas son accidentalmente curvadas, calentándolas dentro del intervalo de temperatura en el que la austenita es estable, se puede regenerar su forma original. En el último caso, las monturas se comportarán de la misma forma que las monturas elásticas. Si se curva, el metal con memoria de forma admitirá la deformación que forma la martensita y, cuando se elimine el esfuerzo que causa la deformación, recuperarán su forma original.

Por razones termodinámicas, el intervalo de temperatura dentro del cual el metal con memoria de forma es capaz de presentar propiedades pseudoelásticas es bastante estrecho y fue generalmente considerado como demasiado estrecho para permitir el uso adecuado en la fabricación de monturas. Se han propuesto patentes, que han intentado superar esta limitación.

Superelasticidad y pseudoelasticidad

En la descripción anterior, el término “pseudoelasticidad” fue definido como la recuperación de forma en el caso de transformación TMT activada por esfuerzo mecánico. Sin embargo, se puede demostrar fácilmente que este término es muy frecuentemente confundido en la documentación técnica con el término “superelasticidad”, con el objeto de resaltar el excepcional grado de elasticidad de estos materiales. El término “pseudoelasticidad” debe considerarse como siendo más preciso, desde un punto de vista científico, puesto que subraya el hecho de que el mecanismo que explica el comportamiento elástico macroscópico no es el mecanismo elástico estándar (ley de Hook). Este mecanismo es, en realidad, un mecanismo diferente en correlación con la presencia de la transformación TMT y en consecuencia, el comportamiento macroscópico debe ser correctamente definido como “pseudoelasticidad” y no como una elasticidad normal.

Además, debe aclararse otro factor para ser capaz de entender completamente el alcance de la presente invención. Es conocido de la técnica anterior (G.R. Zadno, T.W. Duering en “Engineering Aspects of Shape Memory Alloys” - Butterworth - Heinemann, 414-419, 1990) que por el estirado de una aleación de NiTi, es posible obtener propiedades elásticas mejoradas sin que tenga lugar ninguna transformación martensítica. En este caso, la propiedad de esfuerzo-deformación es similar a la indicada en la Figura 3(a). No existe ningún signo de una meseta de esfuerzo pseudoelástico constante y se produce una deformación prácticamente lineal. Este comportamiento, además, sólo depende de la temperatura en una pequeña medida y no está en correlación con el grado de endurecimiento por deformación. En este caso, este efecto se refiere como un efecto de superelasticidad o de superelasticidad lineal. La elección de la nomenclatura en este caso parece ser más apropiada. En este caso, en realidad, el material se comporta como un material elástico mejorado y no existe indicio de la presencia de una transformación TMT.

Las monturas para gafas fabricadas con aleaciones con memoria de forma, sin embargo, no permiten a los ópticos efectuar todos los ajustes necesarios para adaptar las monturas a las características faciales del usuario, debido a su naturaleza particular. Su memoria de forma, en realidad, solamente permite la fabricación de estas monturas en una determinada forma y posición, que son las que han sido registradas y memorizadas.

Otro procedimiento para mejorar las propiedades elásticas de las aleaciones con memoria de forma y en particular, las aleaciones de NiTi, era aplicar una combinación adecuada de endurecimiento por deformación y tratamiento térmico del material con el objeto de incrementar el intervalo de temperatura [A_f , M_d]. Este resultado fue obtenido aumentando la dureza de la fase austenítica permitiendo, de este modo, que la fase austenítica resista un más alto grado de esfuerzo antes de la activación de mecanismos de deformación permanente. El procesamiento de las alea-

ES 2 323 677 T3

ciones con memoria de forma, desde este punto de vista, no es una tarea fácil ni obvia y se han sugerido diferentes procedimientos, en patentes y artículos, para controlar las propiedades pseudoelásticas.

El documento de patente EP-A-0 310 628 describe cómo optimizar las propiedades deseadas dentro de un intervalo de temperatura bastante amplio, que está comprendido entre -20°C y 40°C, que se indica como óptimo. En este caso, se recomienda el uso de una combinación de propiedades pseudoelásticas y superelásticas. Mediante un procesamiento cuidadoso de las aleaciones con memoria de forma, con un intervalo de temperatura pseudoelástica intrínseca, que está comprendido entre 10°C y 40°C, aproximadamente, es posible introducir un bajo nivel de superelasticidad dentro de un intervalo de temperatura más baja (por ejemplo, desde -20°C a 10°C). El cambio en la temperatura, en consecuencia, cambia el mecanismo de recuperación de la forma con un comportamiento macroscópico general que permite la obtención de monturas elásticas para gafas. Si las monturas tuvieron que someterse a una deformación aparentemente permanente, dentro del intervalo de temperatura más baja, se podrían recuperar rápidamente por calentamiento a continuación. Las propiedades de transformación, en realidad, de la aleación no serían eliminadas por el procesamiento anterior y permitirían la recuperación de la forma normal. Esto se demuestra por la presencia de una meseta pseudoelástica evidente en las curvas mecánicas de las aleaciones procesadas según se describe en el documento EP-A-0 310 628.

El procesamiento de las aleaciones con memoria de forma, según el documento EP-A-0 310 628, es obviamente bastante complejo, puesto que el objetivo es obtener una combinación exacta de pseudoelasticidad y superelasticidad. Como es evidente para los expertos en la materia, la fabricación de monturas para gafas implica numerosos pasos de deformación plástica para poder obtener la forma definitiva. Esto hace que la aplicación de esta técnica sea inviable y difícil de controlar. Por ejemplo, cada etapa de procesamiento debe tenerse en cuenta con respecto al grado de endurecimiento por deformación final, que permanecerá en el elemento de las monturas.

Otras monturas para gafas de aleación de NiTi son conocidas a partir de los documento WO93/18429 y EP 668 523.

El objetivo de la presente invención es identificar una aleación con memoria de forma adecuadamente procesada, que supere los inconvenientes de la técnica conocida y en particular, para proporcionar aleaciones con memoria de forma, junto con su procesamiento, que reducen la complejidad de la fabricación de componentes para monturas de gafas y permiten que se obtengan componentes, que sean perfectamente adaptables a la cara del usuario por medio de deformación plástica.

El objetivo de la presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar monturas para gafas, según se describe en las reivindicaciones 1 y 2.

La principal ventaja de las monturas para gafas y/o sus componentes, según la presente invención, es que presentan un alto grado de elasticidad y se pueden utilizar, de forma ventajosa, dentro de un amplio intervalo de temperatura. Al mismo tiempo, estas monturas para gafas y/o sus partes, según la presente invención, se pueden deformar plásticamente de modo que se puedan adaptar a la morfología facial particular de todos los usuarios, que es una característica esencial para las monturas de gafas.

El procedimiento de deformación, descrito en la presente invención, permite la obtención de un material, con propiedades superelásticas que se puede considerar ideal para una fabricación económica de monturas para gafas. Además, estas monturas presentan, además, otras características tales como uso confortable, fácil manejabilidad, después de la fabricación, rigidez suficiente y resistencia a un curvado accidental.

Además, es posible aplicar una deformación plástica considerable durante la fabricación de estas monturas o de sus partes.

El intervalo de temperatura comprendido entre -40°C y 50°C es el intervalo normal utilizado en las monturas para gafas.

Según la reivindicación 1, el contenido en titanio en la aleación de NiTi puede variar desde 48 a 51 en porcentaje atómico.

Según la reivindicación 2, la aleación a base de NiTi es una modificación ternaria de NiTi, tal como NiTiX, donde X es igual a Cu, Fe, Nb, V, Mo, Co, Ta, Cr y Mn. X es preferentemente igual a Cu, Nb y Fe.

Según la reivindicación 2, el porcentaje de X puede variar desde 1 a 25 en porcentaje atómico.

Los componentes de las monturas fabricadas según la presente invención pueden ser puentes, partes de nariz y/o patillas.

El tratamiento de la elección particular de aleaciones, según la presente invención, es una modificación del tratamiento normalmente utilizado. En realidad, diferentes procedimientos de preparación de aleaciones tienden a obtener productos, en particular alambres de NiTi, con diferencias considerables en las propiedades finales. Estas propiedades se pueden optimizar con miras al uso de elementos de NiTi en la fabricación de monturas para gafas.

Ningún estudio de investigación anterior ha proporcionado información sobre cómo dar propiedades de superelasticidad a las aleaciones con memoria de forma de NiTi. Solamente era conocido, en la técnica anterior, que los alambres estirados de NiTi presentan un incremento sustancial en su elasticidad.

5 Por otro lado, se conoce por los expertos en la materia que como NiTi es un compuesto intermetálico no es capaz de tolerar importantes deformaciones debidas al proceso de endurecimiento por deformación considerable y suele ser difícil exceder un límite máximo del 45 al 50% aproximadamente. Si se superara este límite, el material sufriría un proceso de fractura frágil, típico de los compuestos intermetálicos.

10 En consecuencia, es evidente que el procesamiento de material según la presente invención debe realizarse teniendo cuidado de no superar el límite de manejabilidad máximo de la aleación. Al mismo tiempo, se debe asegurar un grado de endurecimiento por deformación, que permita eliminar completamente de la aleación la transformación martensítica termoelástica.

15 Ejemplos

Un ejemplo del procedimiento para obtener el objetivo esencial de la presente invención, se inicia a partir de un alambre estirado de NiTi convencional, con un endurecimiento por deformación no inferior al 30% aproximadamente. Este material presenta una distribución irregular del grado de endurecimiento por deformación desde la superficie a la parte central, una irregularidad debida a la falta de homogeneidad inherente en el proceso de estirado.

20 El núcleo interno del alambre presenta un grado de endurecimiento por deformación un poco más bajo. Debe resaltarse que el grado de endurecimiento por deformación se suele estimar como la reducción porcentual de la sección de la muestra. Por lo tanto, solamente representa una estimación media de la modificación real inducida en el material.

25 El alambre es posteriormente sometido a un proceso de deformación capaz de redistribuir más uniformemente el endurecimiento por deformación por medio de un procesamiento mecánico adecuado, por ejemplo, produciendo deformaciones fuertes y repetidas al material con solamente unas pequeñas modificaciones de la sección transversal. Un procedimiento preferido consiste en curvar el alambre a un valor próximo al límite de rotura y liberarlo, siendo repetida esta operación varias veces y cada vez sometiendo a torsión el alambre con respecto al eje principal.

30 Un procedimiento alternativo de alcanzar el mismo resultado es aumentar ligeramente el nivel de endurecimiento por deformación total por medio del forjado con una estampadora giratoria para aumentar la deformación total hasta un valor de al menos 35 al 40%. Otro sistema equivalente, aunque algo menos eficaz, es la laminación en frío de la sección redonda del alambre hasta que se obtenga una sección cuadrada que presente la misma área.

35 El motivo para esta equivalencia no ha sido todavía completamente explicado debido a las dificultades para efectuar una evaluación completa de las relaciones entre las deformaciones microestructurales y las propiedades macroscópicas de las aleaciones de NiTi. En cualquier caso, se cree que la textura específica desarrollada durante el proceso de estirado puede estar condicionada por la posterior reducción por martilleo o laminación que aumenta las propiedades de elasticidad y ductilidad del alambre.

40 Al final del procesamiento, según la presente invención, el alambre presenta una distribución más regular del grado de endurecimiento por deformación. El efecto de este proceso es obtener un metal que mantenga un alto grado de endurecimiento por deformación y al mismo tiempo, que presente un bajo módulo de elasticidad y un aumento en el alargamiento de rotura.

45 En la Figura 3, se comparan las propiedades mecánicas de un alambre de NiTi estirado y un alambre de NiTi procesado según la presente invención. Las curvas indicadas representan una media entre las diferentes muestras. El módulo de Young del material cambia desde aproximadamente 50 - 55 GPa a aproximadamente 35 - 50 GPa y la aleación puede alcanzar fácilmente una deformación del 5%. A partir de la Figura 3, se puede observar, con claridad, que la recuperación elástica del alambre estirado hasta un 5% no es completa. Al efectuar pruebas sucesivas de esfuerzo-deformación, y aumentar la deformación máxima, se obtiene el resultado indicado en la Figura 4.

50 Resulta evidente que la presente invención permite que se obtenga un recuperación elástica perfecta de aproximadamente 2 a 2,5%, pero la deformación permanente es inferior al 0,8% incluso con una deformación máxima del 5%.

55 En la Figura 4(b) se compara la curva de esfuerzo - deformación de un alambre de NiTi procesado según la presente invención y una aleación pseudoelástica de NiTi estándar. Es evidente que, a pesar de la disminución en el valor del módulo de Young, la aleación de NiTi superelástica, en cualquier caso, presenta una mayor rigidez. Además, después de este procesamiento, el alambre es capaz de tolerar importantes deformaciones plásticas adicionales presentes en la fabricación de monturas para gafas.

60 Las propiedades fundamentales de los alambres de aleación de NiTi, sometidos al proceso según la presente invención, fueron probadas y los resultados se examinan a continuación de forma concisa.

Ante todo, fue comprobado que no había tenido lugar la transformación TMT. Este es un punto esencial para evitar la dependencia de las propiedades mecánicas con respecto a la temperatura, es decir, para evitar cualquier propiedad pseudoelástica. Según la caracterización estándar de las aleaciones con memoria de forma, este ensayo fue realizado por medio de DSC (calorimetría de barrido diferencial). Con esta técnica, es posible medir el calor intercambiado por una muestra con el entorno circundante durante un ciclo térmico completo. La Figura 5(a) representa la curva calorimétrica de una muestra tomada de un alambre de NiTi procesado según la presente invención. Resulta evidente que no tuvo lugar ninguna transformación martensítica, puesto que no existe ningún pico de transformación en la parte de la curva relacionada con la fase de enfriamiento o en la parte de la curva relacionada con la fase de calentamiento. A modo de comparación, la Figura 5(b) indica la curva calorimétrica de una muestra sometida a recocido completo tomada del mismo material. En este caso, como estaba previsto, existe una clara evidencia de picos de transformaciones y se pueden identificar, con facilidad, las temperaturas de Ms, Mf, As y Af.

Algunas muestras lineales de alambres de NiTi procesados según la presente invención, fueron posteriormente sometidas a un esfuerzo de tracción en una máquina de ensayos electromecánicos, provista de una cámara térmica para poder probar las propiedades mecánicas a diferentes temperaturas. Los ensayos se efectuaron a las temperaturas de -40°C, -20°C, 0°C, 30°C y 50°C. En la Figura 6 se resumen los resultados obtenidos. El comportamiento superelástico del alambre de NiTi se puede observar claramente a todas las temperaturas de los ensayos. No existe ninguna evidencia de una meseta pseudoelástica constante y en cada caso, la recuperación de la forma inicial es casi completa.

Por lo tanto, esto demuestra que la aleación procesada según la presente invención satisface los requisitos básicos. Se ha descrito un proceso que permite la obtención de monturas para gafas económicas y/o sus partes habida cuenta de un proceso de fabricación bastante sencillo. Este procesamiento permite la redistribución de la estructura de defectos microestructurales inducidos en el material por un procedimiento de procesamiento convencional.

Por medio de esta técnica de procesamiento es posible obtener un aumento en el valor del alargamiento de rotura de alambres de NiTi y una disminución en el valor del módulo de Young. Esto es de gran utilidad en la fabricación de monturas para gafas y/o sus partes.

Según se especificó anteriormente, las monturas para gafas y/o sus partes fabricadas con este material presentan otras ventajas tales como comodidad para el usuario, manejabilidad posfabricación, rigidez suficiente y una buena resistencia al curvado accidental. Proporciona más comodidad al usuario puesto que la rigidez aumentada (véase Figura 4(b)) permite la fabricación de monturas más finas, y por lo tanto más ligeras, con respecto a un material pseudoelástico estándar. Existe una excelente manejabilidad después de la fabricación puesto que, por ejemplo, cuando sea necesario, la patilla se puede curvar poco a poco para superar el límite superelástico y conservar la deformación plástica adicional. De este modo, las monturas se pueden adaptar a la cara y una vez modificadas, siguen manteniendo sus propiedades elásticas anteriores.

La Figura 7 representa partes de las monturas para gafas que se pueden fabricar utilizando el material suministrado por la presente invención. Las monturas para gafas comprenden el marco de la lente (4), el puente (1), las charnelas (3) y las patillas (2).

Existen evidentemente protocolos de procesamiento para preparar las partes de las monturas para gafas, de modo que el puente o las patillas, utilizando el material según la presente invención. Un ejemplo típico se proporciona a continuación.

Después de estirar un alambre al diámetro deseado, teniendo cuidado en que esta operación sea interrumpida cuando se haya alcanzado un endurecimiento por deformación total de aproximadamente 30%, el alambre se curva varias veces en diferentes direcciones haciéndole pasar a través de una máquina especial. Cuando se haya obtenido un alambre perfectamente recto, se puede conformar en frío a su forma final, por ejemplo, forzándolo al interior de un molde. Muestras del alambre procesado, comprobado por medio de DSC, no debe presentar ningún pico de transformación. La medición de la deformación por tracción del alambre procesado o componente no debe presentar ninguna dependencia de las propiedades mecánicas o temperatura y no debe estar presente ninguna meseta pseudoelástica.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de monturas de gafas que presentan uno o varios componentes, o sus partes, realizadas a partir de una aleación con memoria de forma a base de NiTi, estando comprendido el contenido en níquel en la aleación entre 49 y 52% atómico y estando comprendido el contenido en titanio en la aleación entre 48 y 51% atómico, **caracterizado** porque dicho procedimiento comprende las siguientes etapas siguientes:

- a) endurecer por deformación la aleación mediante estirado con un endurecimiento por deformación residual no inferior al 30%,
- b) posteriormente endurecer de nuevo por deformación dicha aleación a un valor de al menos un 40% por medio de laminación en frío, forjado con una estampadora giratoria o uso de dobladora;
- c) conformar en frío dichos componentes, o parte de los mismos, en su forma final por medio de una nueva deformación plástica, presentando dichos componentes, o sus partes, una elasticidad superior al 2% dentro de un intervalo de temperatura comprendido entre -40°C y 50°C.

2. Procedimiento de fabricación de monturas de gafas que presentan uno o más componentes, o sus partes, realizadas a partir de una aleación con memoria de forma a base de NiTi, estando comprendido el contenido en níquel en la aleación entre 49 y 52% atómico, siendo la aleación a base de NiTi una modificación ternaria de NiTi, tal como NiTiX, siendo X igual a Cu, Fe, Nb, V, Mo, Co, Ta, Cr y Mn, estando comprendida X entre 1 y 25 en porcentaje atómico, **caracterizado** porque dicho procedimiento comprende las siguientes etapas siguientes:

- a) endurecer por deformación la aleación sometiendo a estiramiento con un endurecimiento por deformación residual no inferior al 30%;
- b) posteriormente endurecer de nuevo por deformación dicha aleación a un valor de al menos un 40% por medio del proceso de laminación en frío, forjado con una estampadora giratoria o curvado;
- c) conformar en frío dichos componentes, o sus partes, en su forma final por medio de una nueva deformación plástica, presentando dichos componentes, o sus partes, una elasticidad superior al 2% dentro de un intervalo de temperatura comprendido entre -40°C y 50°C.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque X es igual a Cu, Fe y Nb.

Fig.1

Efecto de Memoria de Forma

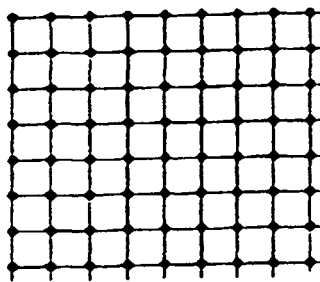


Figura 1(a) Croquis bidimensional de la estructura ordenada de austenita

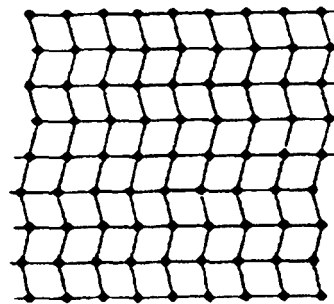


Figura 1(b) Formación de maclas durante la transformación TMT en el enfriamiento

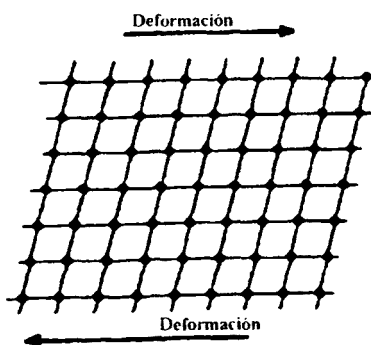


Figura 1(c) Fácil admisión de la deformación externa mediante un movimiento de maclación

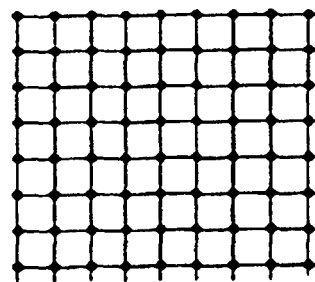


Figura 1(d) Recuperación de la forma inicial al calentar la austenita

Fig.2

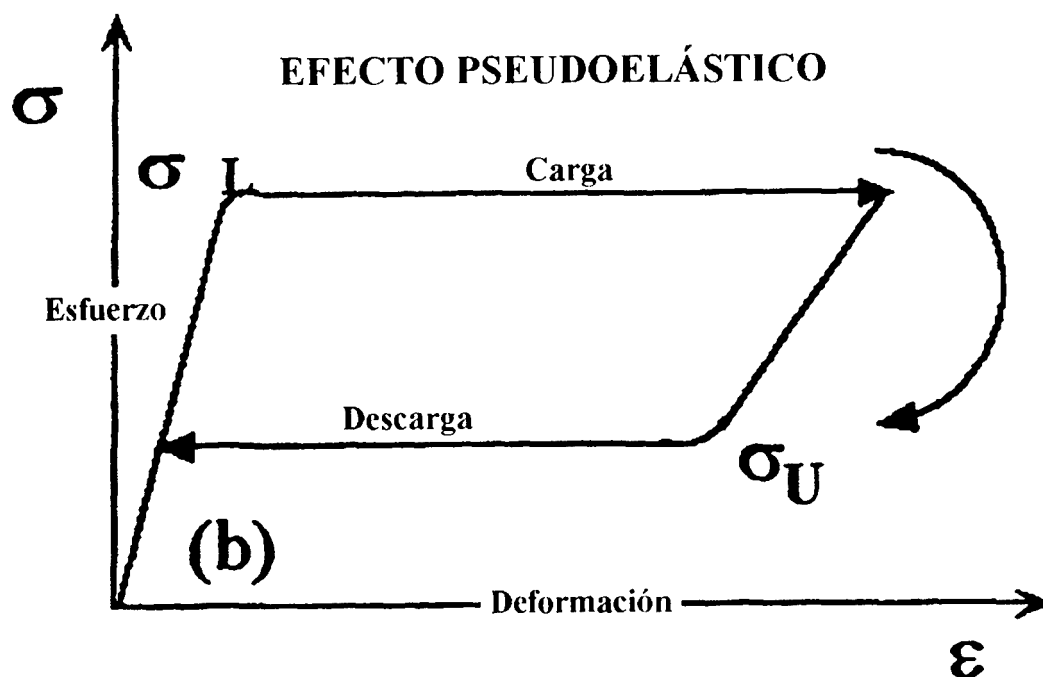
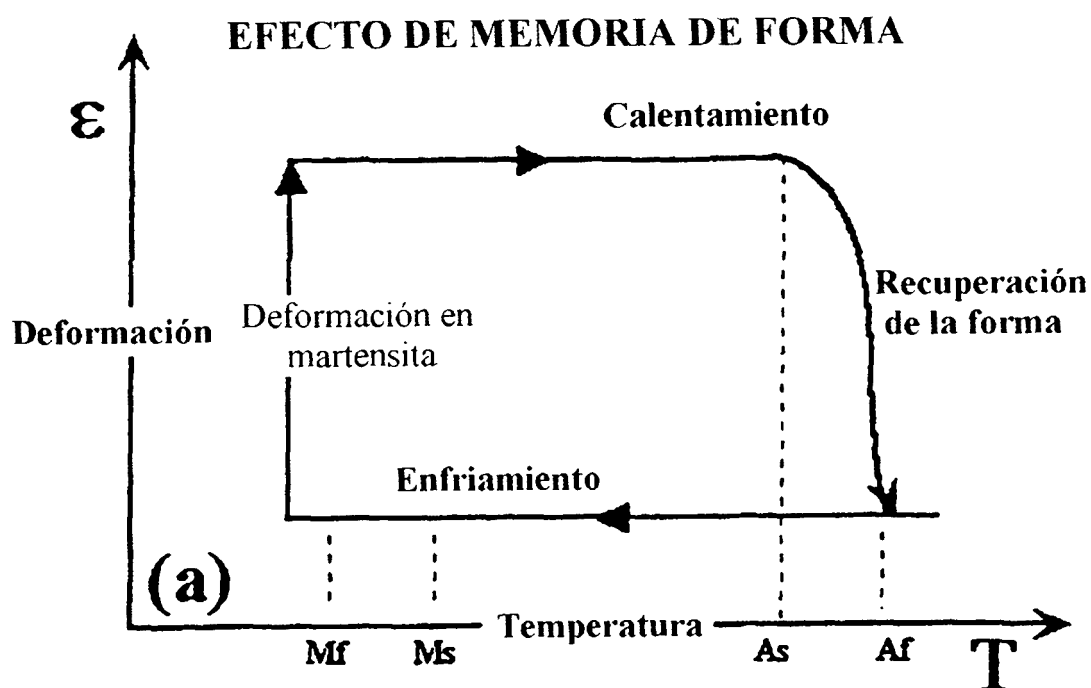
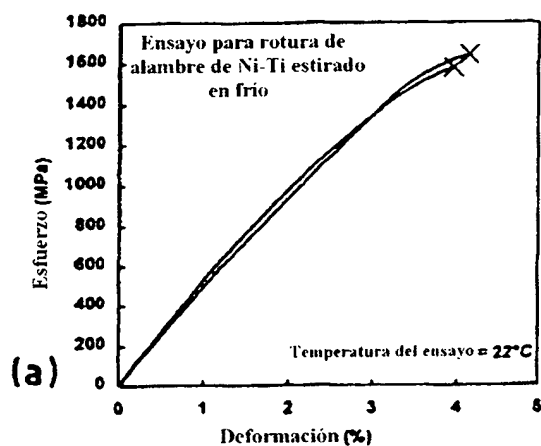
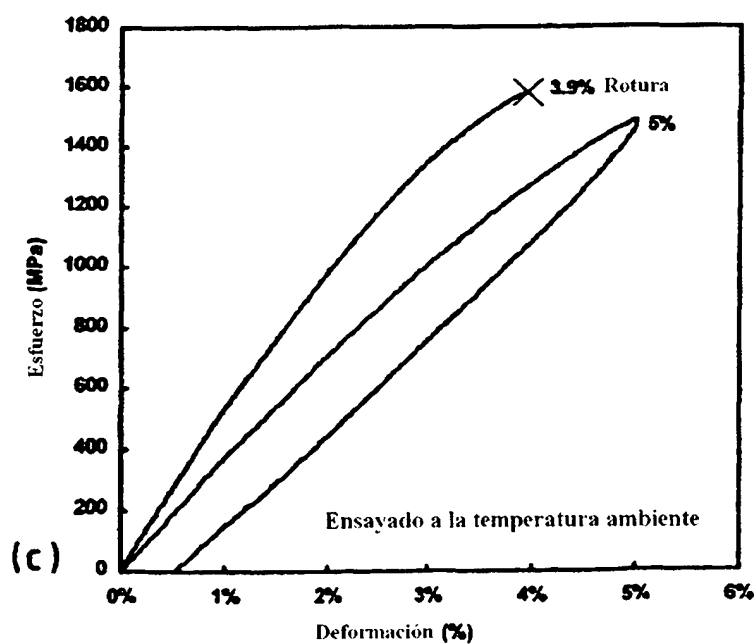
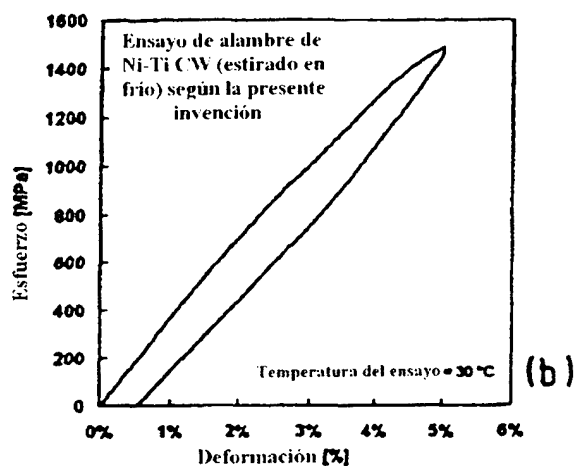


Fig.3

Curva de esfuerzo - deformación de un alambre de Ni-Ti fuertemente estirado en frío



Curva de esfuerzo - deformación de un alambre de NiTi procesado según la presente invención



Comparación directa de las curvas anteriores

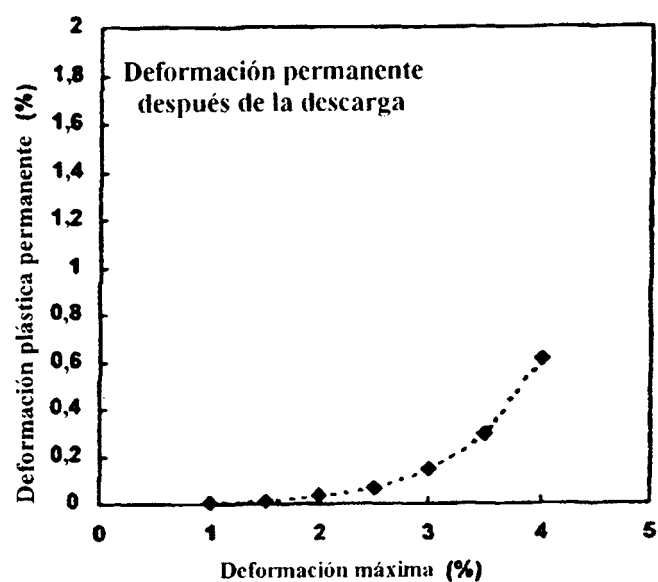
Fig.4

Figura 4(a): Aumento de la deformación permanente al final del ensayo de esfuerzo - deformación al aumentar la deformación impuesta máxima para una muestra tratada según la presente invención.

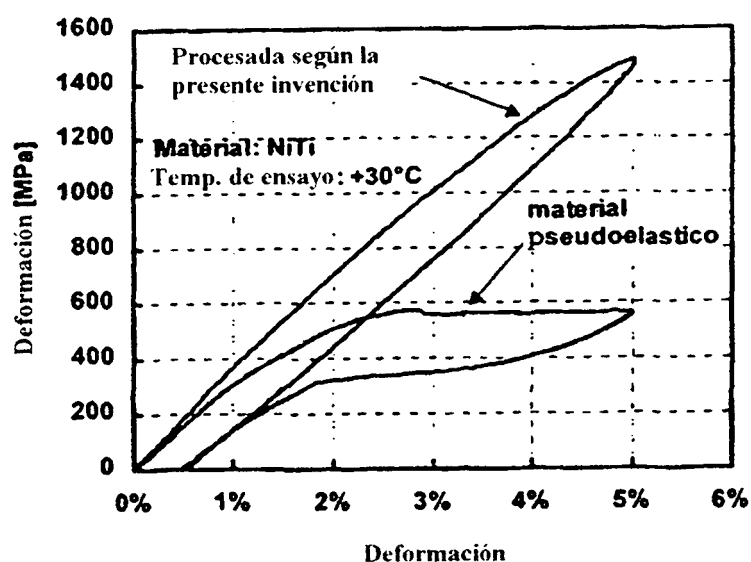
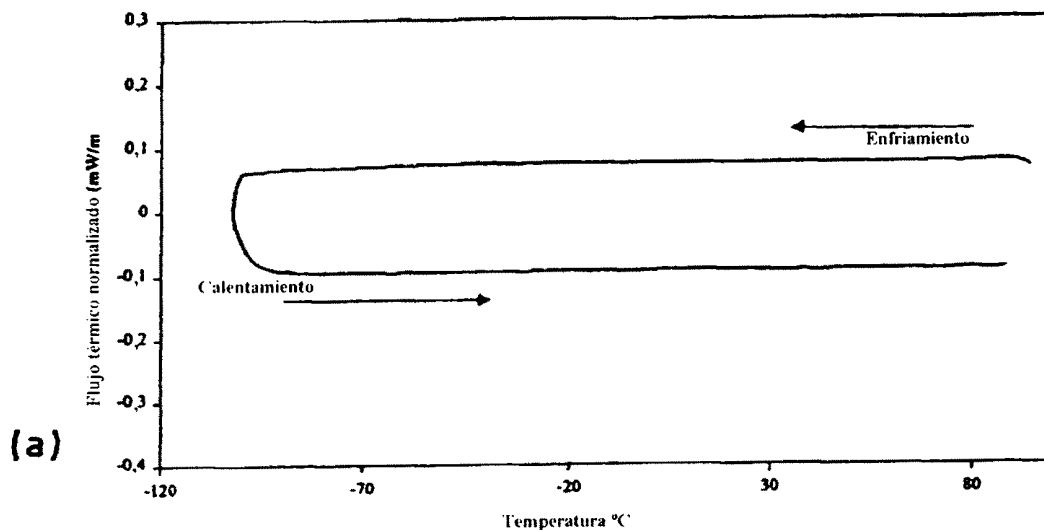
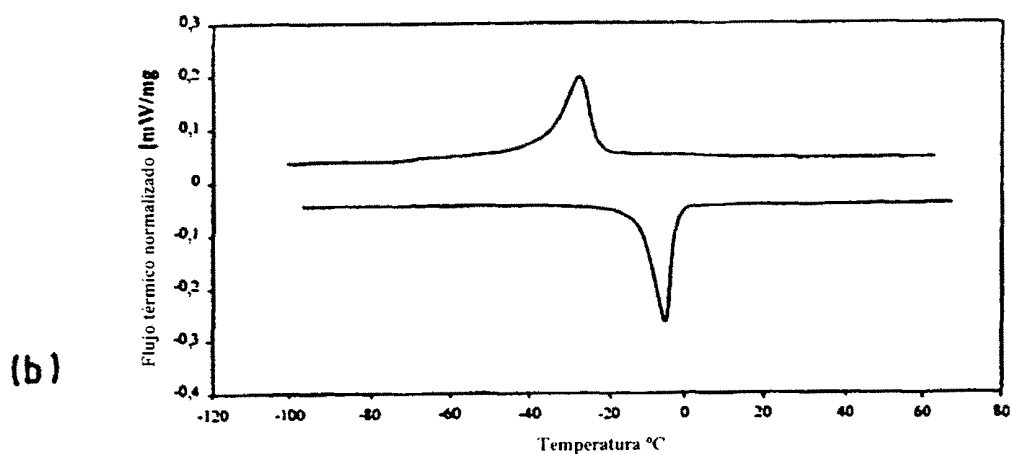


Figura 4(b): Comparación entre un alambre de NiTi procesado según la presente invención y una aleación de NiTi pseudoelástica estándar.

Fig.5

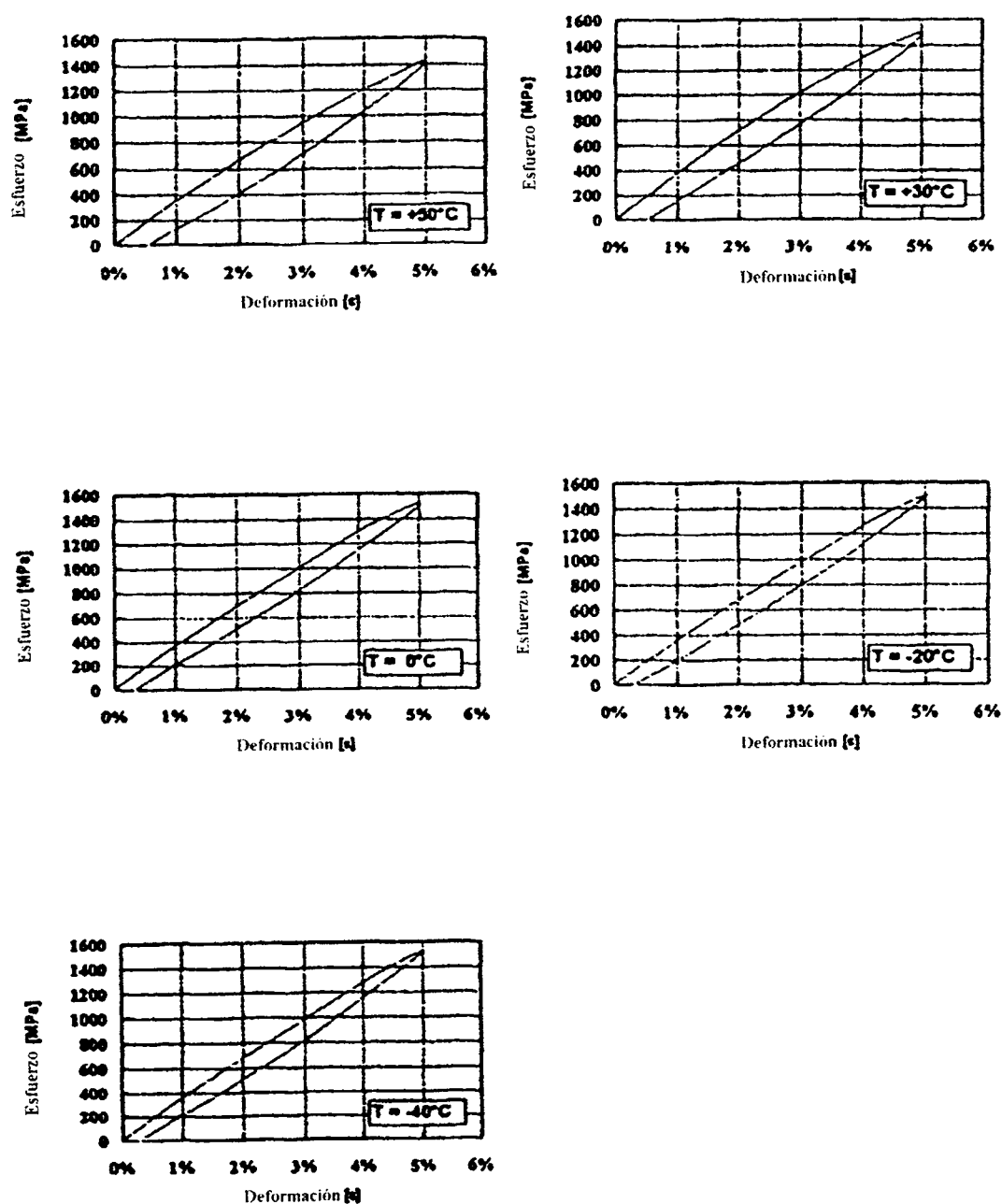


Curva calorimétrica de una muestra tomada de una patilla fabricada según la presente invención



Curva calorimétrica de una muestra sometida a un tratamiento de recocido completo (900°C durante 1 hora en vacío) para poder eliminar todos los efectos del proceso objetivo de la invención.

Fig.6



Resumen de las curvas de esfuerzo - deformación resultado del ensayo a diferente temperatura de patillas fabricadas según la presente invención.

Fig.7

