

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 869 385**

51 Int. Cl.:

C23C 8/02 (2006.01)
C21D 1/78 (2006.01)
C23C 8/22 (2006.01)
C23C 8/80 (2006.01)
B30B 11/00 (2006.01)
C21D 1/74 (2006.01)
C21D 1/76 (2006.01)
C21D 1/06 (2006.01)
C21D 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2015 PCT/EP2015/056269**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2016 WO16150490**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2015 E 15713156 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.02.2021 EP 3274484**

54 Título: **Método y disposición para procesar artículos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.10.2021

73 Titular/es:
QUINTUS TECHNOLOGIES AB (100.0%)
Quintusvägen 2
721 66 Västerås, SE

72 Inventor/es:
WIBERG, SÖREN;
MIEDZINSKI, ARTUR;
SILVERHULT, CARL;
FLODIN, ANDERS;
DANIELSSON, DAG;
SEHLSTEDT, STEFAN y
AHLFORS, MAGNUS

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 869 385 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 y disposición para procesar artículos

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo del procesamiento de artículos y/o productos para mejorar las propiedades materiales de los artículos y/o productos.

10 Antecedentes de la invención

El endurecimiento de la superficie es un proceso que se utiliza para mejorar la resistencia al desgaste de artículos y/o productos, sin afectar el interior más blando y resistente de los artículos. Se apreciará que la combinación de una superficie dura y una resistencia al agrietamiento por impacto es extremadamente útil en artículos, productos y/o componentes tales como levas o anillos de engranajes, cojinetes o árboles, turbinas y/o componentes automotrices, etc., ya que una superficie muy dura para resistir el desgaste en combinación con un interior resistente para resistir los impactos que pueden ocurrir durante la operación es a menudo deseable para este tipo de artículos o componentes. Generalmente, un tratamiento superficial de un artículo puede dar como resultado tensiones residuales de compresión en la superficie del artículo que pueden reducir la probabilidad de que se inicie una grieta y detener la propagación de la grieta en la interfaz carcasa-núcleo. Además, el endurecimiento de la superficie del acero puede ser ventajoso sobre métodos tales como el endurecimiento a través, porque los aceros de bajo y medio carbono menos costosos pueden endurecerse en la superficie con problemas mínimos de distorsión y agrietamiento asociados con el endurecimiento a través de secciones relativamente gruesas.

25 El endurecimiento de la superficie se puede conseguir mediante métodos de difusión, por lo que la composición química de la superficie se puede modificar con elementos endurecedores tales como carbono (C), nitrógeno (N) o boro (B). Los métodos de difusión son beneficiosos porque pueden proporcionar un endurecimiento eficaz de toda la superficie de los artículos a procesar.

30 La carburación es la adición de carbono a la superficie de un acero con bajo contenido de carbono a T=850-980°C, a cuya temperatura la austenita (estructura cúbica centrada en la cara, FCC) es la estructura cristalina estable. El endurecimiento se logra cuando la superficie de acero se temple de manera que se forma martensita (estructura tetragonal centrada en el cuerpo, BCT).

35 En la carburación con gas, los artículos a procesar están rodeados por una atmósfera que contiene carbono. Sin embargo, un problema relacionado con esta técnica es que la composición de la atmósfera debe controlarse de cerca para evitar efectos secundarios nocivos tales como los óxidos superficiales y en los límites de los granos. En un esfuerzo por simplificar la atmósfera, la carburación puede realizarse a presiones muy bajas (carburación al vacío). Sin embargo, como la tasa de flujo del gas puede ser relativamente baja debido a la baja presión, el potencial de carbono del gas puede agotarse rápidamente debido a los rebajes profundos y los orificios ciegos del material del artículo. Esto puede resultar en una falta de uniformidad en la profundidad de la carcasa sobre la superficie del artículo. Por otro lado, si se aumenta la presión del gas para superar este problema, puede surgir el problema de la formación de carbono libre (es decir, hollín). Para obtener una profundidad razonablemente uniforme, la presión del gas debe aumentarse periódicamente para reponer la atmósfera agotada y luego reducirse nuevamente para evitar el hollín, lo que resulta en una operación muy complicada.

50 El documento JPS60106958 A divulga la realización de un tratamiento de prensado isostático en caliente y de carburación al mismo tiempo utilizando un gas de carburación como medio de presión en un tratamiento de prensado isostático en caliente.

Por tanto, existe el deseo de un método alternativo que sea capaz de proporcionar un tratamiento de resistencia al desgaste más conveniente de artículos, productos y/u objetos, y que además pueda ser más rentable y/o eficaz en el tiempo.

55 Resumen de la invención

Es un objeto de la presente invención mitigar los problemas anteriores y proporcionar un método, así como una disposición, que logre un tratamiento conveniente, rentable y/o eficaz en el tiempo de artículos, productos y/o objetos para mejorar su resistencia al desgaste y/o impactos.

60 Este y otros objetos se logran proporcionando un método y una disposición de prensado que tiene las características definidas en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

65 Por lo tanto, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para presionar al menos un artículo en una disposición que comprende un recipiente a presión, una cámara de horno dentro del

recipiente a presión y un compartimiento de carga dispuesto en el interior de la cámara del horno. El método comprende el paso de proporcionar al menos un artículo a procesar dentro del compartimiento de carga. El método comprende además el paso de alimentar un medio de presión en el recipiente de presión y aumentar la presión en el compartimiento de carga. El método comprende además el paso de aumentar la temperatura en el compartimiento de

5
 El método comprende además el paso de mantener la temperatura aumentada a un primer nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado. El método comprende además el paso de mantener la presión aumentada en un primer nivel de presión predeterminado durante un período de tiempo seleccionado. El método comprende además el paso de cambiar la temperatura desde el primer nivel de temperatura predeterminado a un segundo nivel de temperatura predeterminado. El método comprende además el paso de alimentar un gas que contiene carbono en el recipiente a presión. El método comprende además el paso de mantener el segundo nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado. El método comprende además el paso de reducir la temperatura en el compartimiento de carga. Además, el método comprende el paso de descargar el medio de presión del recipiente a presión y reducir la presión en el compartimiento de carga.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona una disposición de presión. La disposición comprende un recipiente a presión, una cámara de horno dispuesta dentro del recipiente a presión y un compartimiento de carga dispuesto dentro de la cámara del horno. La disposición comprende además un dispositivo de alimentación de medio de presión para alimentar el medio de presión en el recipiente de presión, y un dispositivo de alimentación de gas para alimentar gas en el recipiente de presión. La disposición de prensado está configurada para recibir al menos un artículo a procesar dentro del compartimiento de carga. La disposición está configurada además para alimentar un medio de presión en el recipiente a presión y aumentar la presión en el compartimiento de carga. La disposición está configurada además para aumentar la temperatura en el compartimiento de carga. Además, la disposición está configurada para mantener la temperatura aumentada en un primer nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado, y para mantener la presión aumentada en un primer nivel de presión predeterminado durante un período de tiempo seleccionado. La disposición está configurada además para cambiar la temperatura desde el primer nivel de temperatura predeterminado a un segundo nivel de temperatura predeterminado, para alimentar un gas que contiene carbono en el recipiente a presión y para mantener el segundo nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado. Además, la disposición está configurada además para reducir la temperatura en el compartimiento de carga, para descargar el medio de presión del recipiente a presión y para reducir la presión en el compartimiento de carga.

Por tanto, la presente invención se basa en la idea de someter uno o más artículos a prensado isostático en caliente dentro de una disposición (prensado) y, posteriormente, someter los artículos a endurecimiento de la carcasa dentro de la misma disposición (prensado). En el método de la presente invención, los artículos dispuestos en la disposición se someten en primer lugar a un prensado isostático en caliente, realizado bajo niveles predeterminados de presión y temperatura durante períodos de tiempo seleccionados, lo que da como resultado un cierre de poros dentro del artículo. A su vez, esto logra una densificación relativamente alta de los artículos, lo que conduce a un aumento de la vida útil y/o resistencia (a la fatiga) de los artículos procesados. A continuación, los artículos se someten a un gas que contiene carbono que se alimenta al recipiente a presión a niveles predeterminados de presión y temperatura durante períodos de tiempo seleccionados. Este proceso de carburación del método de la presente invención modifica por la presente la composición química de la superficie de los artículos a medida que el carbono se difunde hasta una profundidad deseada (predeterminada) del material del artículo. A continuación, se reduce la temperatura en el compartimiento de carga y se descarga el medio de presión para reducir la presión en el compartimiento de carga. El paso de reducción de temperatura (temple, enfriamiento) de la presente invención contribuye a la formación de martensita de la capa superficial con alto contenido de carbono de los artículos. En consecuencia, el método de la presente invención realiza prensado isostático en caliente, carburación y endurecimiento de la carcasa de los artículos en la misma disposición, proporcionando así convenientemente artículos que comprenden una carcasa resistente al desgaste y la fatiga superpuesta sobre un núcleo duro. Se apreciará que el resultado del método de la presente invención, es decir proporcionar artículos que tienen una superficie relativamente dura para resistir el desgaste en combinación con un interior relativamente duro para la resistencia al impacto de los artículos, es extremadamente útil para un amplio rango de aplicaciones.

Una ventaja de la presente invención es que el método combina eficiente y convenientemente un proceso de prensado isostático en caliente y un proceso de endurecimiento de la carcasa (un proceso de carburación) de uno o más artículos. En otras palabras, el método de acuerdo con la presente invención reduce en primer lugar la porosidad del material del artículo de manera que los artículos se densifican, mejorando así las propiedades mecánicas de los artículos y, a continuación, endurece la carcasa de los artículos para mejorar sus propiedades de desgaste. En consecuencia, el método eficaz y conveniente de la presente invención ahorra tiempo durante el procesamiento y/o tratamiento de los artículos. Se apreciará que la técnica anterior no divulga ninguna combinación de un prensado isostático en caliente y un endurecimiento de la carcasa de artículos como se divulga en la presente invención. Por tanto, cualquier intento de mejorar las propiedades de los materiales de los artículos con base en las divulgaciones de la técnica anterior, comparables a la mejora de las propiedades de los materiales de los artículos con base en el método de acuerdo con la presente invención, conduce a operaciones circunstanciales y/o ineficaces

en el tiempo. Por el contrario, la combinación de un proceso de prensado isostático en caliente y un proceso de endurecimiento de la carcasa de acuerdo con el método de la presente invención conduce a un procesamiento y/o tratamiento conveniente y eficiente de los artículos para mejorar sus propiedades materiales, cuyo método es eficaz en el tiempo, y en consecuencia, también rentable.

5 La presente invención es ventajosa porque el proceso de prensado isostático en caliente y el proceso de endurecimiento de la carcasa para el tratamiento y/o procesamiento de uno o más artículos se realizan en la misma disposición (prensado). Por lo tanto, si existe el deseo de procesar artículos que tengan las propiedades de material
10 buscadas y/o deseadas como resultado del prensado isostático en caliente y el endurecimiento de la carcasa, el método de la presente invención elimina la necesidad de realizar primero el prensado isostático en caliente de los artículos en una disposición y luego retirar los artículos de la disposición para realizar el endurecimiento de la carcasa de los artículos en otro dispositivo o disposición. Por lo tanto, como los pasos del método de la presente invención se realizan en la misma disposición, es decir, sin la necesidad de dos o más dispositivos y/o disposiciones para realizar los pasos del método, la presente invención proporciona una forma conveniente, eficiente en el tiempo
15 y/o método rentable para mejorar las propiedades del material de los artículos.

La presente invención es además ventajosa porque la reducción de la temperatura (es decir, el temple o enfriamiento) en la disposición durante el proceso de endurecimiento de la carcasa de los artículos se puede realizar a una tasa relativamente alta en la disposición, por lo que contrarrestar eficazmente la formación de fases no
20 martensíticas en el material de los artículos.

La presente invención es además ventajosa porque la presión relativamente alta aplicada en la disposición durante el proceso de carburación del proceso de endurecimiento de la carcasa puede contrarrestar un agotamiento del potencial de carbono del gas debido a las irregularidades de la superficie del material de los artículos. En
25 consecuencia, se contrarresta una falta de uniformidad en la profundidad del caso sobre la superficie del artículo. Por tanto, la presente invención es ventajosa porque puede conseguirse una profundidad de difusión de carbono relativamente uniforme del material del artículo, lo que conduce a una carcasa del artículo con una resistencia al desgaste relativamente uniforme.

La disposición empleada por el método de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención comprende, entre otras cosas, un recipiente a presión, una cámara de horno dispuesta dentro del recipiente a presión y un compartimento de carga dispuesto dentro de la cámara del horno. Se apreciará que la disposición puede comprender otros componentes y/o partes, pero que en este contexto se omiten descripciones adicionales de dichos componentes y/o partes. Además, se apreciará que la disposición (de presión) constituye una disposición de presión
30 isostática en caliente.

El método comprende el paso de proporcionar al menos un artículo a procesar dentro del compartimento de carga. En otras palabras, uno o más artículos pueden colocarse o disponerse dentro del compartimento de carga de la disposición. El material del artículo puede ser sustancialmente cualquier tipo de acero, pero se apreciará que el material del artículo puede comprender otros metales y/o aleaciones.
40

El método comprende además el paso de alimentar un medio de presión en el recipiente de presión y aumentar la presión en el compartimento de carga de la disposición. Por medio de presión se entiende aquí un gas o un medio gaseoso que puede tener una afinidad química baja en relación con los artículos a procesar, tal como el argón (Ar).
45

El método comprende además el paso de aumentar la temperatura en el compartimento de carga que contiene los artículos, por lo que la cámara del horno aumenta la temperatura.

El método comprende además los pasos de mantener la temperatura aumentada en un primer nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado y mantener la presión aumentada en un primer nivel de presión predeterminado durante un período de tiempo seleccionado. Aquí, se apreciará que la expresión "nivel" puede interpretarse como un intervalo. Por tanto, en los pasos del presente método, la temperatura y la presión aumentadas se controlan de manera que la temperatura y la presión se encuentren dentro de un intervalo de temperatura y presión deseados, respectivamente. Los pasos del método de mantener la temperatura aumentada y la presión aumentada durante los períodos de tiempo respectivos dan como resultado una densificación del material del artículo, lo que conduce a un aumento de la vida útil y/o resistencia (a la fatiga) de los artículos procesados.
50
55

El método comprende además el paso de cambiar la temperatura desde el primer nivel de temperatura predeterminado a un segundo nivel de temperatura predeterminado. Se apreciará que los niveles primero y segundo de temperatura predeterminados (intervalos) pueden estar separados (es decir, diferentes), superpuestos parcialmente (es decir, parcialmente diferentes) o superpuestos sustancialmente (es decir, sustancialmente iguales). El método comprende además el paso de alimentar un gas que contiene carbono en el recipiente a presión. Por "gas que contiene carbono" se entiende aquí un medio gaseoso que comprende carbono (C). El método comprende además el paso de mantener el segundo nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado. Se apreciará que los pasos de alimentar el gas que contiene carbono en el recipiente a presión, en el que se disponen uno o más artículos, y mantener el segundo nivel de temperatura predeterminado durante un
60
65

período de tiempo seleccionado, implican un proceso de carburación en el que se realiza una modificación de la superficie de los artículos tiene lugar cuando el carbono se difunde en el material del artículo hasta una profundidad deseada.

5 El método comprende además el paso de reducir la temperatura en el compartimento de carga de la disposición. Se apreciará que este paso del método de templar o enfriar los artículos dispuestos en el compartimento de carga contribuye a la formación de una estructura martensítica del material de la superficie de los artículos, en donde la estructura martensítica forma una carcasa resistente al desgaste y la fatiga de los artículos.

10 Además, el método comprende el paso de descargar el medio de presión del recipiente a presión y reducir la presión en el compartimento de carga. Después de reducir la presión en el compartimento de carga, los artículos procesados pueden retirarse de la disposición.

15 De acuerdo con una realización de la presente invención, el segundo nivel de temperatura predeterminado puede ser más bajo que el primer nivel de temperatura predeterminado. Por tanto, los pasos del método relativos a la carburación, es decir, permitir que el carbono se difunda a una profundidad deseada del material del artículo, se puede realizar a un (segundo) nivel de temperatura que es más bajo que el (primer) nivel de temperatura en el que la densificación del material del artículo se realiza mediante el proceso de prensado isostático en caliente. La presente realización es ventajosa porque el nivel de temperatura óptimo para controlar la difusión de carbono en el material del artículo del proceso de carburación del proceso de endurecimiento de la carcasa del método puede ser más bajo que el nivel de temperatura óptimo para eliminar las porosidades del material del artículo del proceso de prensado isostático en caliente del método.

25 De acuerdo con una realización de la presente invención, la reducción de la temperatura en el compartimento de carga puede comprender además mover (intercambiar) medio de presión que tiene una temperatura en el segundo nivel de temperatura predeterminado desde el compartimento de carga, proporcionando medio de presión que tiene una temperatura por debajo del segundo nivel de temperatura predeterminado y mezclando el medio de presión proporcionado con el medio de presión movido (intercambiado), y conduciendo el medio de presión mezclado así obtenido al compartimento de carga. En otras palabras, el medio de presión en el segundo nivel de temperatura predeterminado se puede mover, descargar o intercambiar desde el compartimento de carga a un espacio fuera del compartimento de carga donde el medio de presión se mezcla con un medio de presión que tiene una temperatura más baja, lo que da como resultado un medio de presión mezclado en el espacio que tiene una temperatura que está por debajo del segundo nivel de temperatura predeterminado. A continuación, el medio de presión mezclado puede ser conducido (movido) desde el espacio fuera del compartimento de carga al compartimento de carga, dando como resultado un enfriamiento del compartimento de carga y de los artículos dispuestos en él. En otras palabras, el medio de presión relativamente caliente en el compartimento de carga se intercambia por un medio de presión relativamente frío, reduciendo así la temperatura en el compartimento de carga. La presente forma de realización del método puede conseguir así una reducción relativamente rápida y/o uniforme de la temperatura del compartimento de carga en la disposición. En consecuencia, la presente realización consigue un enfriamiento relativamente rápido y/o uniforme de uno o más artículos dispuestos (colocados) en el compartimento de carga de la disposición. La presente realización es ventajosa porque la reducción de temperatura relativamente rápida en el compartimento de carga inhibe la formación de fases no martensíticas en el material del artículo, mejorando así el proceso de endurecimiento de la carcasa del presente método. La presente realización es además ventajosa porque la reducción de temperatura relativamente rápida en el compartimento de carga permite una descarga de los artículos de la disposición después de un período de tiempo relativamente corto después del procesamiento de los artículos. En consecuencia, el método de la presente realización puede aumentar la productividad del proceso ya que el tiempo total del ciclo puede reducirse significativamente.

50 De acuerdo con una realización de la presente invención, la provisión del al menos un artículo para ser procesado dentro del compartimento de carga puede comprender además proporcionar al menos un artículo preensado, formado a partir de al menos un polvo, dentro del compartimento de carga, aumentando la temperatura en el compartimento de carga y manteniendo la temperatura aumentada en un tercer nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado. La presente realización se refiere a un proceso de sinterización inicial de los artículos, que puede realizarse antes del proceso de prensado isostático en caliente y el proceso de endurecimiento de la carcasa de los artículos, mediante el cual los artículos preensados formados a partir de al menos un polvo se compactan por calor en la disposición sin fundir el artículo hasta el punto de licuefacción. La presente realización es ventajosa porque el proceso de sinterización de la realización de la presente invención, así como el prensado isostático en caliente y el endurecimiento de la carcasa de los artículos, se pueden realizar en la misma disposición (prensado). Por lo tanto, la presente realización aumenta aún más la conveniencia y el tiempo y/o la rentabilidad del procesamiento y/o tratamiento de los artículos para mejorar sus propiedades materiales.

65 De acuerdo con una realización de la presente invención, el al menos un polvo se puede seleccionar del grupo que consiste en polvo metálico atomizado con agua y polvo metálico atomizado con gas. En otras palabras, el al menos un polvo (metálico) puede comprender polvo metálico atomizado con agua y/o polvo metálico atomizado con gas.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el método puede comprender además aumentar la temperatura en el compartimento de carga y mantener la temperatura aumentada a un cuarto nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado después de reducir la temperatura en el compartimento de carga. La realización de la presente invención se refiere a un proceso de atenuación de los artículos después del prensado isostático en caliente y el endurecimiento de la carcasa de los artículos, mediante el cual la temperatura se aumenta de nuevo después de la reducción de temperatura (es decir, el temple o enfriamiento) en la disposición. La presente realización es ventajosa porque puede reducir la fragilidad y/o aumentar la tenacidad de los artículos después del prensado isostático en caliente y el endurecimiento de la carcasa de los artículos de acuerdo con el método de la presente invención. La presente realización es además ventajosa porque el proceso de atenuación se puede realizar en la misma disposición que el proceso de prensado isostático en caliente, el proceso de endurecimiento de la carcasa y/o sinterización, aumentando así aún más la comodidad, la eficiencia del tiempo y/o la rentabilidad del tratamiento de los artículos.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el primer nivel de temperatura predeterminado puede ser 800-1500°C, preferiblemente 1000-1300°C, y más preferiblemente de aproximadamente 1150°C, y el período de tiempo seleccionado para mantener el primer nivel de temperatura puede ser de 0.1 a 6 horas, preferiblemente de 0.5 a 4 horas y más preferiblemente de 1 a 2 horas. La presente realización es ventajosa porque el nivel de temperatura indicado y el período de tiempo para el proceso de prensado isostático en caliente de los artículos contribuyen a una densificación relativamente alta del artículo mientras que todavía da como resultado un tiempo de retención relativamente corto.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el primer nivel de presión predeterminado puede ser 20-500 MPa, preferiblemente 50-200 MPa, y más preferiblemente 80-150 MPa, y el período de tiempo seleccionado para mantener el primer nivel de presión predeterminado puede ser de 0.1 a 8 horas, preferiblemente de 1 a 5 horas y más preferiblemente de 2 a 3 horas. Se apreciará que el primer nivel de presión predeterminado puede mantenerse durante el prensado isostático en caliente y el endurecimiento de la carcasa (la carburación) de los artículos. La presente realización es ventajosa porque el nivel de presión indicado contribuye a una densificación relativamente alta del artículo durante el prensado isostático en caliente y una profundidad de difusión de carbono relativamente uniforme del material del artículo durante el endurecimiento de la carcasa, mientras que todavía resulta en un tiempo de retención relativamente corto.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el segundo nivel de temperatura predeterminado puede ser 600-1200°C, preferiblemente 750-1050°C, y más preferiblemente de aproximadamente 950°C, y en donde el período de tiempo seleccionado para mantener el segundo nivel de temperatura puede ser de 0.1 a 3 horas, preferiblemente de 0.1 a 1.5 horas, y más preferiblemente de aproximadamente 0.5 horas. La presente realización es ventajosa porque el segundo nivel de temperatura predeterminado indicado y el período de tiempo para el proceso de carburación del endurecimiento de la carcasa de los artículos pueden conducir a una profundidad de difusión deseada de los artículos.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la reducción de la temperatura en el compartimento de carga puede tener una tasa de 200-2000°C/min en el intervalo de temperatura de 800-500°C en el compartimento de carga. En otras palabras, después del proceso de carburación del método, que puede realizarse a un nivel de temperatura de 600-1200°C, preferiblemente 750-1050°C, el método puede reducir la temperatura relativamente rápido en el compartimento de carga de la disposición. La presente realización es ventajosa porque la tasa de reducción de temperatura relativamente rápida, es decir, la tasa de enfriamiento o la tasa de temple, en el intervalo de temperatura indicado contrarresta la formación de fases no martensíticas en el material del artículo. Esto mejora la formación de martensita del material del artículo, que en consecuencia endurece el artículo.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el cuarto nivel de temperatura predeterminado puede ser 100-400°C, preferiblemente 150-250°C, y más preferiblemente 180-200°C, y el período de tiempo seleccionado para mantener el cuarto el nivel de temperatura predeterminado puede ser de 0.1 a 4 horas, preferiblemente de 0.5 a 2 horas, y más preferiblemente de aproximadamente 1 hora. La presente realización es ventajosa porque el cuarto nivel de temperatura predeterminado indicado y el período de tiempo durante el proceso de atenuación de los artículos pueden conducir a una reducción deseada de la fragilidad y/o un aumento de la tenacidad de los artículos mientras aún resultando en un tiempo de retención relativamente corto.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el gas que contiene carbono puede seleccionarse del grupo que consiste en metano (CH₄), acetileno (C₂H₂), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂). La presente realización es ventajosa porque los gases son relativamente abundantes y económicos.

Se apreciará que las realizaciones específicas descritas anteriormente con referencia al método de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención son igualmente aplicables y combinables con la disposición de prensado de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención. Además, las ventajas mencionadas del método de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención también son válidas para la disposición de prensado de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención. Se apreciará que la disposición de prensado del segundo aspecto de la presente invención se describe como "configurada para" realizar varios pasos de acuerdo con el

método del primer aspecto de la presente invención. Aquí, la expresión "configurado para" puede interpretarse alternativamente como "dispuesto para", "adaptado a" y/o "capaz de", es decir, que la disposición de prensado está dispuesta, adaptada y/o capaz de realizar dichos pasos.

5 Otros objetivos de, características de, y ventajas de la presente invención resultarán evidentes al estudiar la siguiente divulgación detallada, los dibujos y las reivindicaciones adjuntas. Los expertos en la técnica se darán cuenta de que se pueden combinar diferentes características de la presente invención para crear realizaciones distintas de las descritas a continuación.

10 Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá ahora con más detalle, con referencia a los dibujos adjuntos que muestran las realizaciones de la invención.

15 La figura 1 es un diagrama esquemático de un método para procesar al menos un artículo de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de un proceso de reducción de temperatura de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 La figura 3 es un diagrama esquemático de un proceso de sinterización de al menos un artículo de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama esquemático de un proceso de atenuación de al menos un artículo de acuerdo con una realización de la presente invención, y

25 La figura 5 es una vista esquemática de una disposición de prensado de acuerdo con una realización del segundo aspecto de la presente invención.

30 Descripción detallada

La figura 1 es un diagrama esquemático de un método 100 para procesar al menos un artículo en una disposición (prensado). La disposición, que comprende un recipiente a presión, una cámara de horno dispuesta dentro del recipiente a presión y un compartimento de carga dispuesto dentro de la cámara del horno, constituye una disposición de prensado isostática en caliente (HIP). Se apreciará que la ordenada (eje y) en la figura 1, así como en las figuras 3-4, solo indica esquemáticamente (niveles de) temperatura, presión y/o concentración de carbono, y no está a escala. De manera análoga, la abscisa (eje x) en las figuras mencionadas solo indica esquemáticamente el tiempo y no está a escala.

40 De acuerdo con el método 100 de la presente invención, se proporcionan (disponen) uno o más artículos a procesar mediante el método de la presente invención dentro del compartimento de carga de la disposición. Un medio de presión, por ejemplo, argón (Ar), se alimenta al recipiente de presión de modo que la presión P en el compartimento de carga aumenta 140. La temperatura T se aumenta luego 120 en el compartimento de carga por medio de la cámara del horno. Se apreciará que los gradientes de aumento de temperatura T y presión P en el compartimento de carga sólo se indican de forma esquemática.

La temperatura T aumentada se mantiene después de eso a 150 en un primer nivel T_1 de temperatura predeterminado durante un período de tiempo t_1 seleccionado. El primer nivel T_1 de temperatura predeterminado puede ser 800-1500°C, preferiblemente 1000-1300°C, y más preferiblemente de aproximadamente 1150°C. Además, el período de tiempo t_1 seleccionado para mantener el primer nivel T_1 de temperatura predeterminado puede ser de 0.1 a 6 horas, preferiblemente de 0.5 a 4 horas y más preferiblemente de 1 a 2 horas. El aumento de presión P se mantiene 160 en un primer nivel P_1 de presión predeterminado durante un período de tiempo t_2 seleccionado. El primer nivel P_1 de presión predeterminado puede ser de 20 a 500 MPa, preferiblemente de 50 a 200 MPa y más preferiblemente de 80 a 150 MPa. Además, el período de tiempo t_2 seleccionado para mantener el primer nivel P_1 de presión predeterminado puede ser de 0.1 a 8 horas, preferiblemente de 1 a 5 horas y más preferiblemente de 2 a 3 horas. Como una alternativa, el período de tiempo t_2 seleccionado para mantener el primer nivel P_1 de presión predeterminado puede ser aproximadamente el mismo que el período de tiempo t_1 seleccionado para mantener el primer nivel T_1 de temperatura. Por ejemplo, si el primer nivel T_1 de temperatura predeterminado se reduce al segundo nivel T_2 de temperatura predeterminado, el primer nivel P_1 de presión predeterminado puede disminuir como resultado de esta reducción de temperatura. Se apreciará que el primer nivel T_1 de temperatura predeterminado, el tiempo t_1 para mantener el primer nivel T_1 de temperatura predeterminado, el primer nivel P_1 de presión predeterminado y/o el tiempo t_2 para mantener el primer nivel P_1 de presión predeterminado pueden depender de varios factores tales como el material del artículo utilizado.

65 Por tanto, el método 100 de la presente invención mantiene la temperatura 150 en el primer nivel T_1 de temperatura predeterminado y mantiene la presión 160 en el primer nivel P_1 de presión predeterminado, al menos durante el

tiempo t_1 como se ejemplifica, por lo que los artículos en el compartimento de carga de la disposición (de prensado) se someten a prensado isostático en caliente. En otras palabras, los ajustes ejemplificados de la temperatura y la presión del método logran una densificación relativamente alta de los artículos dispuestos en la disposición, lo que conduce a un aumento de la vida útil y/o resistencia (a la fatiga) de los artículos elaborados). Se apreciará que el primer nivel T_1 de temperatura predeterminado puede alcanzarse antes, simultáneamente o después de que se haya alcanzado el primer nivel P_1 de presión predeterminado.

Después de realizar el prensado isostático en caliente de los artículos, el método 100 de la presente invención comprende cambiar 170 la temperatura T desde el primer nivel T_1 de temperatura predeterminado a un segundo nivel T_2 de temperatura predeterminado. En la figura 1, T_2 se indica como menor que T_1 , es decir, $T_2 < T_1$, pero se apreciará que T_2 alternativamente puede ser igual o mayor que T_1 , es decir, $T_2 \geq T_1$. Como ejemplo, T_2 puede ser 600-1200°C, preferiblemente 750-1050°C, y más preferiblemente aproximadamente 950°C. Como se indicó anteriormente, los (niveles de) temperatura T y/o presión P se indican solo esquemáticamente y no están a escala.

A continuación, el método 100 de la presente invención comprende alimentar 180 de un gas que contiene carbono en el recipiente a presión de la disposición. Se apreciará que el gas que contiene carbono puede ser sustancialmente cualquier gas que comprenda carbono (C), tal como metano, acetileno, dióxido de carbono y/o monóxido de carbono. La concentración de carbono C del medio de presión dentro del recipiente de presión se indica esquemáticamente en la figura 1. Al principio, la concentración de carbono C del medio de presión aumenta rápidamente a medida que el gas que contiene carbono se alimenta 180 al recipiente de presión de la disposición. Entonces, la concentración de carbono C del medio de presión disminuye a medida que el carbono se difunde en el material de los artículos, modificando la composición química de la superficie de los artículos. El proceso del método 100 de la presente invención comprende por la presente un endurecimiento de la carcasa de los artículos, que a su vez comprende un proceso de carburación inicial de los artículos dispuestos en el compartimento de carga de la disposición. El nivel de presión en la disposición (prensado) durante el proceso de carburación del método puede ser sustancialmente el mismo que durante el proceso de prensado isostático en caliente, es decir, P_1 , que puede ser de 20-500 MPa, preferiblemente 50-200 MPa, y más preferiblemente 80 -150 MPa, tal como aproximadamente 100 MPa. La presión del gas que contiene carbono alimentado al recipiente a presión puede ser de 10 kPa-4 MPa (0.1 bar-40 bar). Se apreciará que la profundidad de difusión del carbono del material del artículo depende de varios factores, tal como la composición química del material del artículo, la concentración de carbono C en el medio de presión circundante, la presión circundante P y la temperatura T , el tiempo de retención, etc. Por lo tanto, la persona experta se da cuenta de que la presión P , la temperatura T , la concentración de carbono C y/o el tiempo de retención al que se someten los artículos se pueden variar en el método de la presente invención para lograr una profundidad de difusión deseada del carbono del material del artículo. Una concentración deseada de carbono en la superficie del artículo puede ser de aproximadamente 0.8%. Sin embargo, se apreciará que la concentración de carbono deseada en la superficie del artículo depende de varios factores, tal como el material del artículo.

Después de que el método 100 de la presente invención haya realizado la carburación de los artículos en el proceso de endurecimiento de la carcasa, la temperatura T se reduce 200 en el compartimento de carga. Por tanto, la temperatura T se reduce desde el segundo nivel T_2 de temperatura predeterminado a una temperatura T significativamente más baja, por ejemplo, temperatura ambiente. Se apreciará que la reducción 200 de la temperatura T en el compartimento de carga puede ser relativamente rápida. Por ejemplo, la temperatura puede reducirse a una tasa de 200-2000°C/min en el intervalo de temperatura de 800-500°C en el compartimento de carga. El paso de reducción de temperatura relativamente rápida (temple, enfriamiento) del método 100 de la presente invención contribuye a la formación de martensita de la capa superficial con alto contenido de carbono de los artículos, proporcionando así artículos que comprenden una carcasa resistente al desgaste y la fatiga.

Después de realizar el proceso de endurecimiento de la carcasa del método 100 de la presente invención, el medio de presión se descarga del recipiente de presión y la presión se reduce 210 en el compartimento de carga. Finalmente, después de que la presión P haya alcanzado una presión relativamente baja (por ejemplo, presión ambiente), los artículos procesados pueden retirarse de la disposición. En consecuencia, el método 100 de la presente invención realiza prensado isostático en caliente y endurecimiento de carcasa (incluida la carburación) de artículos en la misma disposición, proporcionando así convenientemente artículos que comprenden una carcasa resistente al desgaste y a la fatiga superpuesta sobre un núcleo duro.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de la reducción 200 de la temperatura (es decir, el temple o enfriamiento) que se muestra en la figura 1 en el compartimento de carga de la disposición (prensado), en el que se disponen uno o más artículos, de acuerdo con una realización del método de la presente invención. La reducción 200 de la temperatura comprende mover 250 un medio de presión que tiene una temperatura en el segundo nivel de temperatura predeterminado desde el compartimento de carga, por ejemplo, a un espacio fuera del compartimento de carga. Entonces, se proporciona 260 un medio de presión que tiene una temperatura por debajo del segundo nivel de temperatura predeterminado, y el medio de presión proporcionado se mezcla con el medio de presión movido. El medio de presión mixto así obtenido es a continuación conducido 270, por ejemplo, desde el espacio exterior del compartimento de carga, al compartimento de carga de la disposición (presionando). Se apreciará que estos pasos de la realización del método de la presente invención pueden repetirse continuamente durante el enfriamiento del compartimento de carga para un enfriamiento eficiente de los artículos dispuestos en el mismo.

La figura 3 es un diagrama esquemático de un proceso 300 de sinterización de al menos un artículo preensado de acuerdo con una realización de la presente invención. Los artículos preensados que se van a procesar en el compartimento de carga de la disposición (de prensado) pueden formarse a partir de al menos un polvo (metálico). Por ejemplo, el al menos un polvo puede comprender polvo metálico atomizado con agua y/o polvo metálico atomizado con gas. La realización 300 del método de la presente invención comprende aumentar 310 la temperatura T en el compartimento de carga en el que están dispuestos los artículos preensados y mantener 320 la temperatura aumentada a un tercer nivel T_3 de temperatura predeterminado durante un período de tiempo t_4 seleccionado. Se apreciará que la presión P durante el paso de mantener el tercer nivel T_3 de temperatura predeterminado durante el período de tiempo t_4 seleccionado puede ser relativamente baja, por ejemplo, presión ambiental. El tercer nivel T_3 de temperatura predeterminado puede ser, por ejemplo, 1000-1300°C, tal como aproximadamente 1150°C, y t_4 puede ser, por ejemplo, 0.5-4 h, tal como aproximadamente 1-2 h. Se apreciará que el tercer nivel T_3 de temperatura predeterminado y/o el tiempo t_4 para mantener el tercer nivel T_3 de temperatura predeterminado pueden depender de varios factores tales como el material del artículo utilizado.

Se apreciará que este proceso 300 de sinterización del método de la presente invención puede tener lugar en la misma disposición (prensado) antes del proceso de prensado isostático en caliente y el proceso de endurecimiento de la carcasa del método de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama esquemático de un proceso 400 de atenuación de al menos un artículo de acuerdo con una realización de la presente invención. Aquí, el proceso de atenuación de los artículos se realiza después del proceso de prensado isostático en caliente y el proceso de endurecimiento de la carcasa de los artículos de acuerdo con el método de la presente invención, es decir, después de la reducción 200 de la temperatura de acuerdo con la figura 1. En el proceso 400 de atenuación del método de la presente invención, la temperatura T en el compartimento de carga se aumenta 410 y se mantiene 420 en un cuarto nivel T_4 de temperatura predeterminado durante un período de tiempo t_5 seleccionado. El cuarto nivel T_4 de temperatura predeterminado puede ser, por ejemplo, 100-400°C, preferiblemente 150-250°C, y más preferiblemente 180-200°C. Además, el período de tiempo t_5 seleccionado para mantener el cuarto nivel de temperatura predeterminado puede ser de 0.1 a 4 horas, preferiblemente de 0.5 a 2 horas, y más preferiblemente de aproximadamente 1 hora. Se apreciará que el cuarto nivel T_4 de temperatura predeterminado y/o el tiempo t_5 para mantener el cuarto nivel T_4 de temperatura predeterminado pueden depender de varios factores, por ejemplo, el material del artículo utilizado.

La figura 5 es una vista esquemática de una disposición 500 de prensado de acuerdo con una realización del segundo aspecto de la presente invención. La disposición 500 de prensado comprende un recipiente 501 a presión. Aunque no se muestra en la figura 1, el recipiente 501 a presión puede abrirse de manera que se pueda extraer el contenido del recipiente 501 a presión. Se proporciona una cámara 502 del horno dentro del recipiente 501 de presión, y un compartimiento 503 de carga está dispuesto dentro de la cámara 502 del horno para recibir y retener uno o más artículos 504 para ser procesados. El compartimiento 503 de carga puede comprender una disposición 505 de retención para retener o soportar los artículos 504. Se apreciará que la disposición 505 de retención del compartimiento 503 de carga en la figura 5 se indica solo esquemáticamente, y que la disposición 505 de retención puede adoptar sustancialmente cualquier otra forma o estado para retener los artículos 504, tal como una forma de cilindro. En la figura 5, las ruedas dentadas constituyen el ejemplo de los artículos 504 que serán procesados por la presente invención. Se apreciará que la presente invención es particularmente adecuada para el procesamiento de artículos 504 o componentes tales como ruedas dentadas, ya que la presente invención da como resultado ruedas dentadas que tienen carcasas de dientes que son resistentes al desgaste y la fatiga y que están superpuestas sobre núcleos de dientes duros. Sin embargo, la presente invención se puede aplicar sustancialmente a cualquier otro artículo 504 o componentes para mejorar sus propiedades del material, tales como levas o anillos de engranajes, cojinetes o árboles, etc.

La cámara 502 del horno de la disposición 500 de prensado comprende elementos calefactores para aumentar la temperatura de la cámara 502 del horno y, por tanto, el compartimiento 503 de carga en el que están dispuestos los artículos 504.

La disposición 500 de prensado comprende además un dispositivo 506 de alimentación de medio de presión, que se indica esquemáticamente en la figura 5, para alimentar el medio de presión en el recipiente 501 de presión de la disposición 500 de prensado. El medio de presión puede ser, por ejemplo, argón (Ar), pero se apreciará que se puede utilizar sustancialmente cualquier otro gas o medio gaseoso que tenga una baja afinidad química en relación con los artículos a procesar. El dispositivo 506 de alimentación de medio de presión puede comprender uno o más compresores para aumentar la presión dentro del recipiente 501 de presión. Se apreciará que se omite una presentación más detallada del dispositivo 506 de alimentación de medio de presión, ya que el experto en la técnica conoce los detalles de un dispositivo de este tipo.

La disposición 500 de prensado comprende además un dispositivo 507 de alimentación de gas para introducir gas en el recipiente 501 de presión, en donde el dispositivo 507 de alimentación de gas se indica esquemáticamente en la figura 5. El gas suministrado al dispositivo 507 de alimentación de gas y alimentado al recipiente 501 a presión junto al dispositivo 507 de alimentación de gas puede ser un gas que contenga carbono, tal como metano, acetileno,

dióxido de carbono, monóxido de carbono o una mezcla de los mismos. Se apreciará que se omite una presentación más detallada del dispositivo 506 de alimentación de gas, ya que el experto en la técnica conoce los detalles de dicho dispositivo.

- 5 Se apreciará que la disposición 500 de prensado como se presenta en este contexto constituye una prensa isostática en caliente (HIP).

10 La disposición 500 de prensado de acuerdo con la presente invención está configurado para recibir al menos un artículo 504 para ser procesado dentro del compartimiento 503 de carga. La disposición 500 de prensado está configurada además para alimentar el medio de presión en el recipiente 501 de presión por medio del dispositivo 506 de alimentación de medio de presión de manera que se aumente la presión en el compartimiento 503 de carga. La disposición 500 de prensado está configurada además para aumentar la temperatura en el compartimiento 503 de carga por medio de la cámara 502 del horno. La disposición 500 de prensado está configurada además para mantener el aumento de temperatura T en un primer nivel T_1 de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado t_1 y para mantener el aumento de presión P en un primer nivel P_1 de presión predeterminado durante períodos seleccionados de tiempo t_1 y t_2 , respectivamente, de acuerdo con el diagrama esquemático de la figura 1. La disposición 500 de prensado está configurada además para cambiar la temperatura T desde el primer nivel T_1 de temperatura predeterminado a un segundo nivel T_2 de temperatura predeterminado, para alimentar un gas que contiene carbono en el recipiente 501 de presión por medio del dispositivo 507 de alimentación de gas y mantener el segundo nivel T_2 de temperatura predeterminado durante un período de tiempo t_3 seleccionado, de acuerdo con el diagrama esquemático de la figura 1. La disposición 500 de prensado está configurada además para reducir la temperatura en el compartimiento 503 de carga, y para descargar el medio de presión del recipiente 501 a presión de manera que se reduzca la presión P en el compartimiento 503 de carga.

25 En consecuencia, se apreciará que la disposición 500 de prensado está configurada para realizar prensado isostático en caliente, carburación y endurecimiento de la carcasa de artículos en la misma disposición 500 de prensado, proporcionando así convenientemente artículos que comprenden una carcasa resistente al desgaste y a la fatiga superpuesta sobre un núcleo resistente.

30 Aunque la invención se ha descrito con referencia a realizaciones de ejemplo específicas de la misma, muchas alteraciones diferentes, modificaciones y similares serán evidentes para los expertos en la técnica. Por tanto, las realizaciones descritas no pretenden limitar el alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, los diagramas de las figuras 1, 3 y 4 para presentar el método de la presente invención se indican simplemente de manera esquemática y no están a escala. Además, cualquier tamaño y/o número de unidades, dispositivos o similares de la disposición 500 de prensado indicada esquemáticamente en la figura 5 de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención puede ser diferente de los descritos.

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) para procesar al menos un artículo en una disposición que comprende un recipiente a presión, una cámara de horno dispuesta dentro del recipiente a presión y un compartimento de carga dispuesto dentro de la cámara del horno, en donde el método comprende:
- 5 realizar prensado isostático en caliente siguiendo los siguientes pasos:
- proporcionar al menos un artículo para procesar dentro del compartimento de carga;
- 10 alimentar, a través de un dispositivo de alimentación de medio de presión, un medio de presión en el recipiente de presión y aumentar (140) la presión en el compartimento de carga;
- aumentar (120) la temperatura en el compartimento de carga;
- mantener (150) la temperatura aumentada a un primer nivel (T_1) de temperatura predeterminado durante un período de tiempo (t_1) seleccionado;
- 15 mantener (160) el aumento de presión a un primer nivel de presión predeterminado (P_1) durante un período de tiempo seleccionado (t_2); y posteriormente,
- realizar el endurecimiento de la carcasa mediante los siguientes pasos:
- cambiar (170) la temperatura desde el primer nivel de temperatura predeterminado a un segundo nivel de temperatura predeterminado (T_2);
- 20 alimentar (180), a través de un dispositivo de alimentación de gas separado del dispositivo de alimentación del medio de presión, un gas que contiene carbono en el recipiente de presión;
- mantener (190) el segundo nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo seleccionado (t_3);
- reducir (200) la temperatura en el compartimento de carga; y
- 25 descargar el medio de presión del recipiente a presión y reducir (210) la presión en el compartimento de carga.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el segundo nivel de temperatura predeterminado es más bajo que el primer nivel de temperatura predeterminado.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la reducción (200) de la temperatura en el compartimento de carga comprende además:
- 30 mover (250) medio de presión que tiene una temperatura en el segundo nivel de temperatura predeterminado desde el compartimento de carga;
- proporcionar (260) medio de presión que tiene una temperatura por debajo del segundo nivel de temperatura predeterminado y mezclar el medio de presión proporcionado con el medio de presión movido; y
- 35 conducir (270) el medio de presión mezclado así obtenido al compartimento de carga.
4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde proporcionar al menos un artículo para ser procesado dentro del compartimento de carga comprende además:
- 40 proporcionar al menos un artículo preprensado, formado a partir de al menos un polvo, dentro del compartimento de carga;
- aumentar (310) la temperatura en el compartimento de carga; y
- 45 mantener (320) la temperatura aumentada a un tercer nivel (T_3) de temperatura predeterminado durante un período de tiempo (t_4) seleccionado.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el al menos un polvo se selecciona del grupo que consiste en polvo metálico atomizado con agua y polvo metálico atomizado con gas.
- 50 6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el método comprende además:
- aumentar (410) la temperatura en el compartimento de carga; y
- 55 mantener (420) el aumento de temperatura a un cuarto nivel (T_4) de temperatura predeterminado durante un período de tiempo (t_5) seleccionado después de reducir (200) la temperatura en el compartimento de carga.
7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el primer nivel (T_1) de temperatura predeterminado es 800-1500°C, preferiblemente 1000-1300°C, y más preferiblemente 1150°C, y en donde el período de tiempo (t_1) seleccionado para mantener el primer nivel de temperatura predeterminado es de 0.1 a 6 horas, preferiblemente de 0.5 a 4 horas y más preferiblemente de 1 a 2 horas.
- 60 8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el primer nivel (P_1) de presión predeterminado es 20-500 MPa, preferiblemente 50-200 MPa, y más preferiblemente 80-150 MPa, y en donde el período de tiempo (t_2) seleccionado para mantener el primer nivel de presión predeterminado es de 0.1 a 8 horas, preferiblemente de 1 a 5 horas y más preferiblemente de 2 a 3 horas.
- 65

9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el segundo nivel (T_2) de temperatura predeterminado es 600-1200°C, preferiblemente 750-1050°C, y más preferiblemente 950°C, y en donde el período de tiempo (t_3) seleccionado para mantener el segundo nivel de temperatura es de 0.1 a 3 horas, preferiblemente de 0.1 a 1.5 horas y más preferiblemente de 0.5 horas.
- 5 10. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la reducción (200) de la temperatura en el compartimento de carga tiene una tasa de 200-2000°C/min en el intervalo de temperatura de 800-500°C en el compartimento de carga.
- 10 11. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el cuarto nivel (T_4) de temperatura predeterminado es 100 a 400°C, preferiblemente 150 a 250°C, y más preferiblemente 180 a 200°C, y en donde el período de tiempo (t_5) seleccionado para mantener el cuarto nivel de temperatura predeterminado es de 0.1 a 4 horas, preferiblemente de 0.5 a 2 horas, y más preferiblemente de 1 hora.
- 15 12. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el gas que contiene carbono se selecciona del grupo que consiste en metano, acetileno, monóxido de carbono y dióxido de carbono.
13. Una disposición (500) de prensado, que comprende
 un recipiente (501) a presión,
 20 una cámara (502) de horno proporcionada dentro del recipiente a presión,
 un compartimento (503) de carga dispuesto en el interior de la cámara del horno,
 un dispositivo (506) de alimentación de medio de presión para alimentar el medio de presión en el recipiente de presión, y
 un dispositivo (507) de alimentación de gas, separado del dispositivo de alimentación de medio de presión, para
 25 alimentar un gas que contiene carbono al recipiente de presión, en donde la disposición de prensado está configurada para:
- Realizar el prensado isostático en caliente siguiendo los siguientes pasos:
- 30 recibir al menos un artículo a procesar dentro del compartimento de carga;
 alimentar un medio de presión en el recipiente a presión y aumentar la presión en el compartimento de carga;
 aumentar la temperatura en el compartimento de carga;
 mantener la temperatura aumentada a un primer nivel (T_1) de temperatura predeterminado durante un período de tiempo (t_1) seleccionado;
- 35 mantener la presión aumentada en un primer nivel (P_1) de presión predeterminado durante un período de tiempo (t_2) seleccionado; y posteriormente,
 Realizar el endurecimiento de la carcasa mediante los siguientes pasos:
- 40 cambiar la temperatura del primer nivel de temperatura predeterminado a un segundo nivel (T_2) de temperatura predeterminado;
 alimentar un gas que contiene carbono en el recipiente a presión;
 mantener el segundo nivel de temperatura predeterminado durante un período de tiempo (t_3) seleccionado;
 reducir la temperatura en el compartimento de carga; y
 45 descargar el medio de presión del recipiente a presión y reducir la presión en el compartimento de carga.

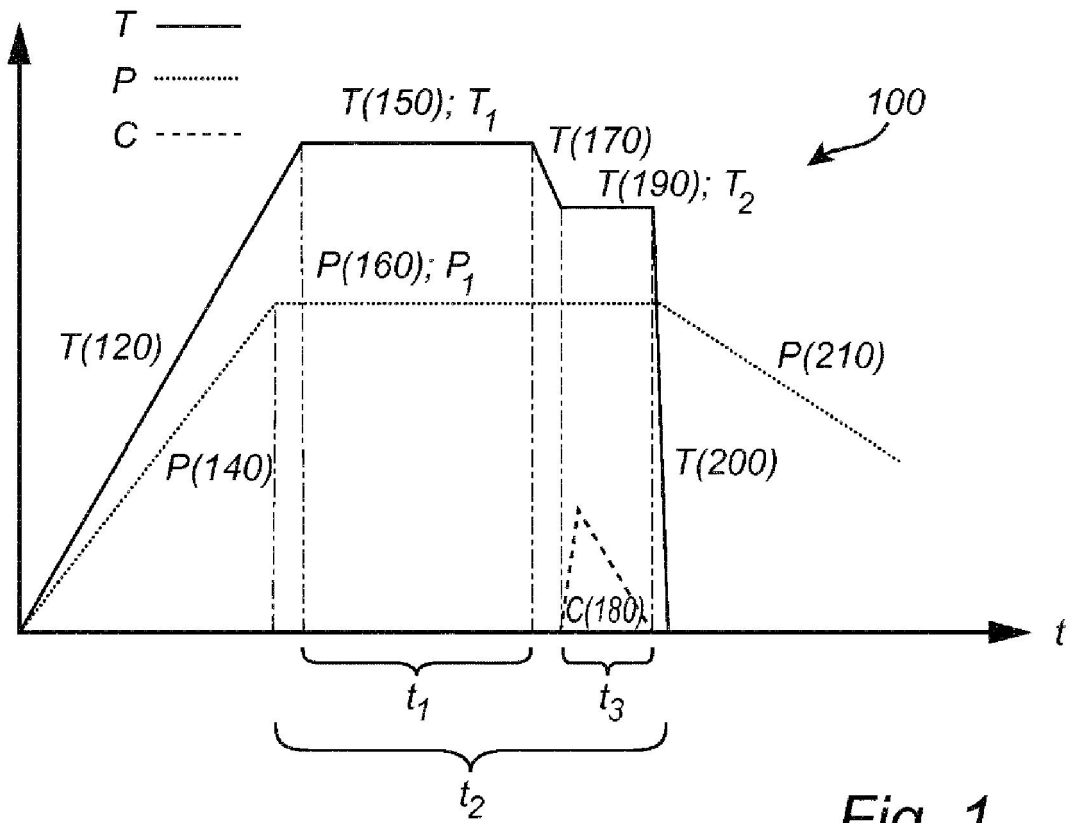


Fig. 1

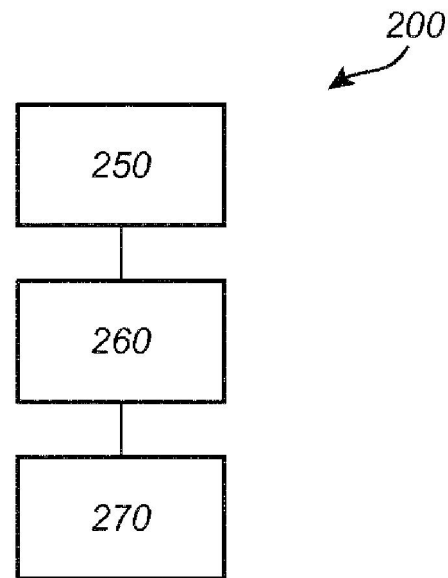


Fig. 2

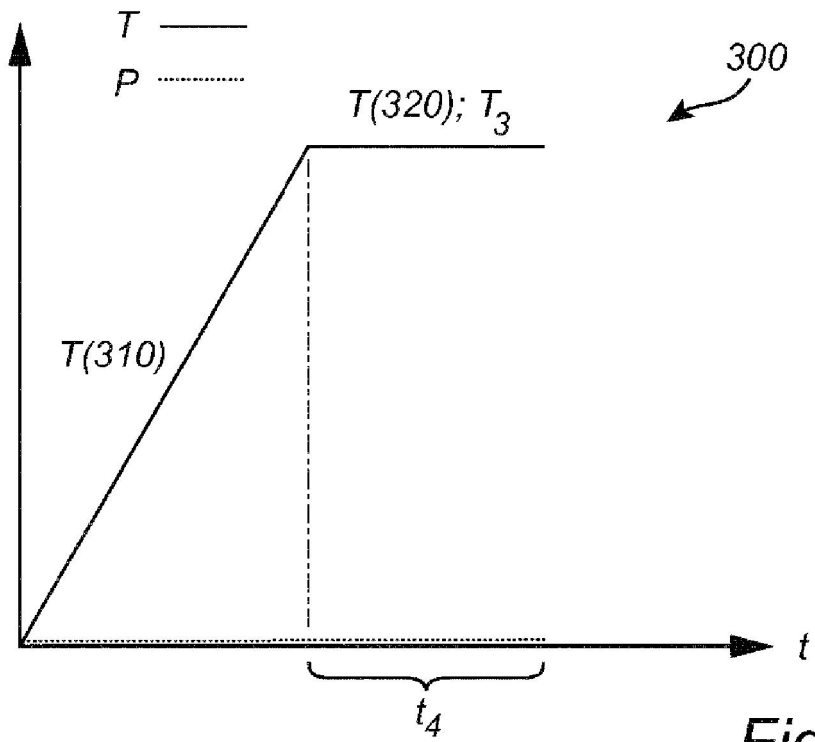


Fig. 3

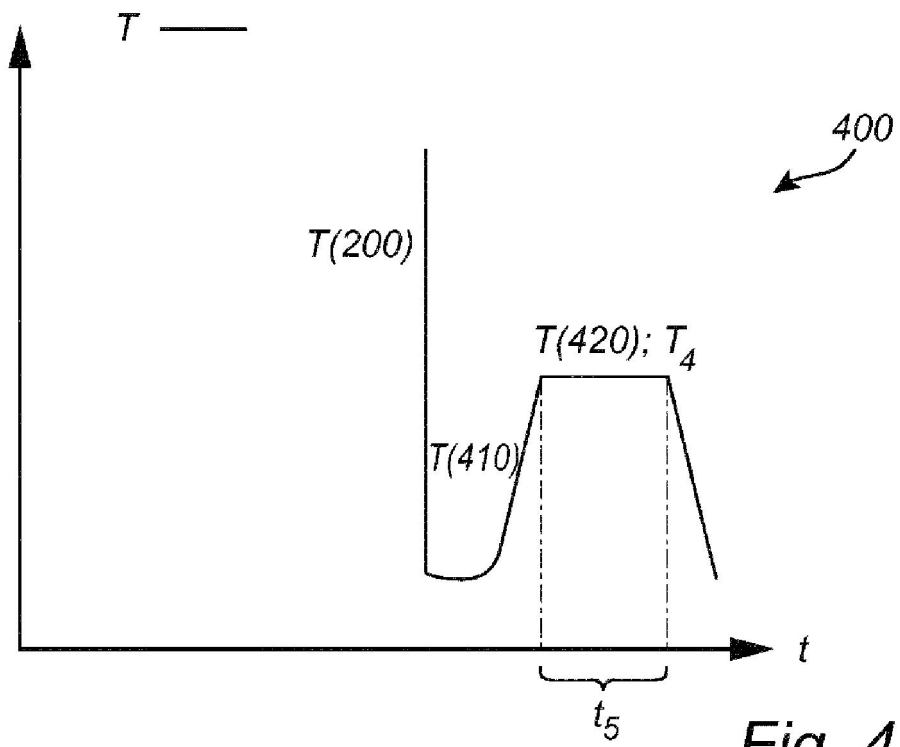


Fig. 4

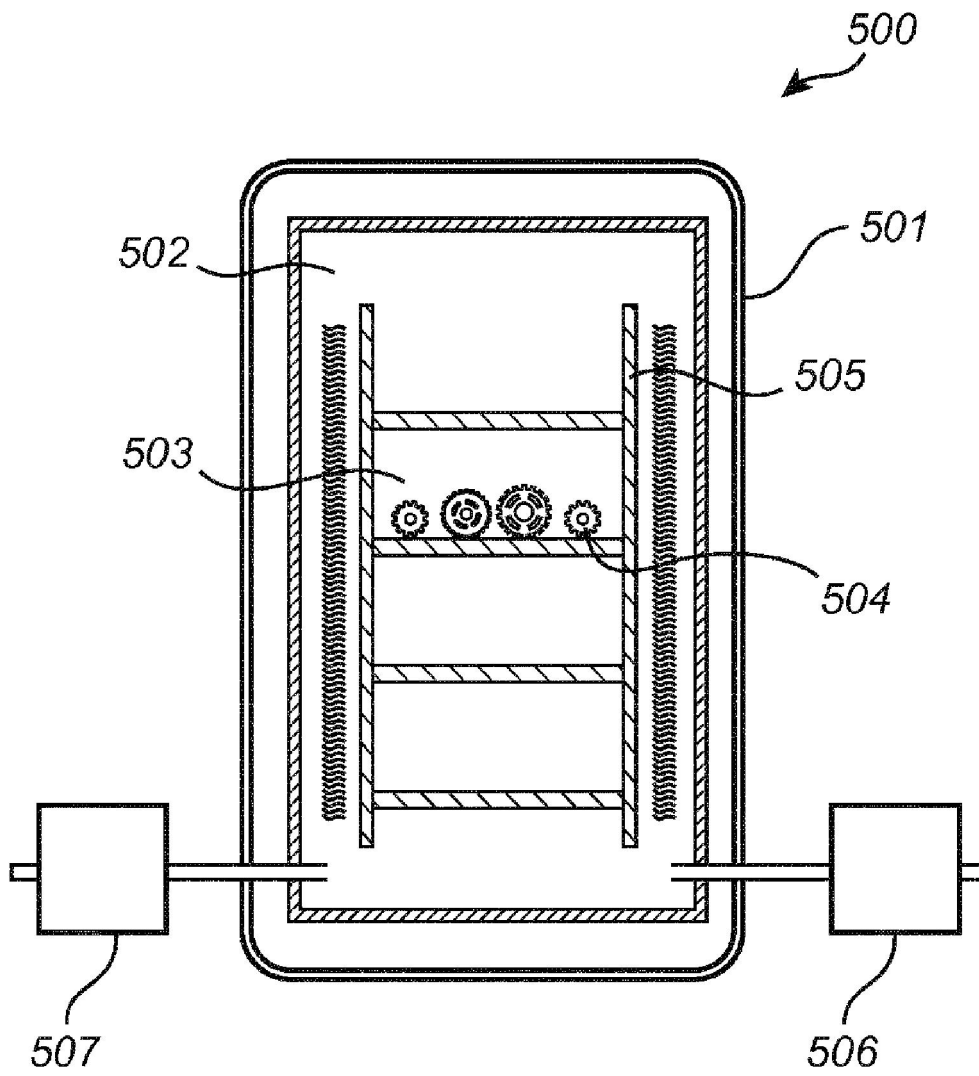


Fig. 5