

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 504**

51 Int. Cl.:

**B21D 22/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2011 E 11719165 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2552617**

54 Título: **Procedimiento para la conformación de al menos una pieza en bruto sustancialmente plana formando un cuerpo de cascarón y el uso de este**

30 Prioridad:

**29.03.2010 DE 102010013207**

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

**30.11.2015**

73 Titular/es:

**MT AEROSPACE AG (100.0%)  
Franz-Josef-Strauss-Strasse 5  
86153 Augsburg, DE**

72 Inventor/es:

**RADTKE, WULF**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 552 504 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**

Procedimiento para la conformación de al menos una pieza en bruto sustancialmente plana formando un cuerpo de cascarón y el uso de este

5 La invención se refiere a un procedimiento para la conformación de al menos una pieza en bruto sustancialmente plana de metal formando un cuerpo de cascarón y al uso de este.

El documento EP0457358 presenta un procedimiento para la conformación de al menos una pieza en bruto sustancialmente plana formando un cuerpo de cascarón, que comprende los siguientes pasos:

10 la sujeción de la pieza en bruto en o dentro de una estructura de soporte en la que la pieza en bruto se aloja sin contacto con una creciente conformación formando el cuerpo de cascarón, y  
 la deformación de la pieza en bruto mediante embutición cóncava o deformación por rotación y/o contrarrodillos a través de al menos una herramienta de conformación que actúa en el lado interior de la  
 15 pieza en bruto con forma de cono truncado.

Los procedimientos de este tipo para la fabricación de cuerpos de cascarón de piezas en bruto sustancialmente planas, chapas redondas, placas o paneles de chapa similares.

20 Para la embutición convexa, una placa redonda que está fijada en el polo o el centro de torneado contra un molde de embutir rotatorio con forma convexa, se presiona mediante un rodillo de conformación contra el molde de embutir y se conforma formando un cuerpo de cascarón. La conformación se realiza siempre desde la sujeción central. Mediante la embutición convexa tal como se describe por ejemplo en los documentos GB-A-1468659 o EP1285707B1, generalmente sólo chapas de partida relativamente gruesas se pueden conformar formando  
 25 cuerpos de cascarón. Los grosores mínimos de pared necesarios para la conformación dependen, aparte del diámetro de los cascarones que han de fabricarse, de la forma de sección transversal del cuerpo de cascarón. En la conformación de cuerpos de cascarón con una relación de grosor de pared / diámetro, pueden formarse pliegues en la chapa. Para reducir la formación de pliegues que depende además del módulo de elasticidad del material que ha de ser conformado a la temperatura de conformación elegida, y un acabado mecánico necesario por ello, se proponen dispositivos según el documento US-A-3355920 que según dicho documento permiten una calibración del molde.  
 30

Para la embutición cóncava por contramolde, un cascarón redondo preconformado que está fijado en el polo o el centro de torneado contra un molde de embutición rotatorio con forma cóncava, se presiona contra este mediante  
 35 un rollo de conformación y se conforma de forma rotacionalmente simétrica desde el lado interior. Como resulta por ejemplo del documento US-A-6006569, un cuerpo de cascarón no se puede terminar poniendo en forma y medida en el mandril de embutición cóncavo. Más bien, son necesarios pasos adicionales, especialmente una conformación adicional en un molde de embutición curvado de forma convexa.

40 Para la conformación por chorro de bolas, componentes individuales precurvados elásticamente se conforman mediante el bombardeo con pequeñas bolas formando segmentos de un cuerpo de cascarón curvados de forma esférica e, incluyendo la caperuza de polo, se sueldan o remachan formando cuerpos de cascarón generalmente grandes. Aunque la conformación por chorro de bolas tal como se describe por ejemplo en el documento DE3842064C2 se ha acreditado en la práctica, en cuerpos de cascarón de peso optimizado como por ejemplo  
 45 domos de depósitos para la aeronáutica o la astronáutica, los refuerzos de grosor de pared necesarios en la zona de cordones de soldadura y/o de uniones remachadas han resultado ser desventajosos.

Para la embutición cóncava que se describe por ejemplo en los documentos EP0457358B1, US-A-3316745, GB-A-201269 o EP1728567B1, una pieza en bruto rotatoria, plana, recortada de forma circular, por ejemplo una chapa redonda preconformada, se fija a lo largo de su circunferencia sobre una placa anular o de sujeción, se abomba con un rodillo en un espacio libre detrás de la placa anular o de sujeción y se conforma formando un cuerpo de cascarón igualmente rotacionalmente simétrico con medidas adecuadas para el contorno final. Según el bombeado necesario, esto se realiza generalmente en varios pasos individuales, durante lo que el material de chapa redonda se alarga plásticamente y se tensa de forma acimutal en la zona de membrana como consecuencia del aumento  
 50 de superficie. Este procedimiento y el dispositivo correspondiente ya se han acreditado extraordinariamente en la práctica. Sin embargo, en la práctica ha resultado que son considerables los gastos de fabricación de los cuerpos de cascarón como consecuencia del elevado coste de calor y de energía por una parte y un alto gasto de personal, de preparación y por tanto de tiempo y económico.  
 55

60 En el documento EP1157762A1, finalmente, se describe un procedimiento para la conformación de una pieza en bruto igualmente plana de aluminio formando un cuerpo de cascarón. Durante ello, se forma una pieza en bruto

con forma de cono truncado a partir de un recorte plano. La pieza en bruto con forma de cono truncado se sujeta en una estructura de soporte con una cámara de vacío y se conforma mediante un cuerpo de presión deformable y una bolsa de presión bajo aplicación de temperatura y de vacío y el enfriamiento subsiguiente formando un cuerpo de cascarón como domo de un depósito para un vehículo aeronáutico. Este procedimiento presenta considerables desventajas. Así queda excluida o al menos muy limitada una deformabilidad suficiente de la pieza en bruto con forma de cono truncado mediante la aplicación exclusiva de temperatura y de vacío. Por otra parte, las medidas, el tamaño y el grosor de pared de la pieza en bruto con forma de cono truncado se oponen a una realización constructiva de un dispositivo correspondiente para la aplicación de temperatura y de vacío. Por otra parte, la pieza en bruto con forma de cono truncado recibe una rigidez adicional no deseada por el cordón de costura de las generatrices y el anillo de sujeción unido por soldadura por separado en la zona del lado superior. Sin embargo, en este procedimiento resulta especialmente desventajosa la aplicación de temperatura y de vacío en la pieza en bruto completa. El vacío que causa la conformación bajo un influjo térmico simultáneo solicita la pieza en bruto de forma constante y con una fuerza inalterada, sin relaciones individuales de forma y de medidas, diferencias de grosores de pared y, por consiguiente, sin tener en cuenta capacidades de deformación diferentes, errores de material tales como inclusiones y grietas, y características de material variables o insuficientes de la pieza en bruto. La consecuencia son una deformación local no deseada o incluso un fallo local por exceder la capacidad de deformación de la pieza en bruto. Por lo tanto, este procedimiento no se ha acreditado en la práctica.

Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para la conformación de al menos una pieza en bruto sustancialmente plana formando un cuerpo de cascarón con el que se puedan evitar las desventajas mencionadas anteriormente, que presente una sencillez, un ahorro de tiempo, una eficiencia de energía extraordinarios y que por tanto sea especialmente económico y que permita una rentabilidad muy mejorada en general a la vez de una alta precisión dimensional y estabilidad del cuerpo de cascarón conformado, y su uso.

Este objetivo se consigue de una manera sorprendentemente sencilla mediante las características de la reivindicación 1.

Mediante la configuración del procedimiento según la invención para la conformación de al menos una pieza en bruto sustancialmente plana o no curvada formando un cuerpo de cascarón, que comprende los siguientes pasos:

- a) la elaboración de al menos una pieza en bruto plana, realizada como anillo circular parcial, a partir de la al menos una pieza en bruto plana,
- b) el ensamble de una pieza en bruto con forma de cono truncado o de una pieza en bruto con un cono truncado recto o de una pieza en bruto en forma de un cono truncado recto a partir de la al menos una pieza en bruto plana, realizada como anillo circular parcial, mediante soldadura a lo largo de generatrices, orientadas una hacia otra, de la al menos una pieza en bruto plana, realizada como anillo circular parcial,
- c) la sujeción de la pieza en bruto con forma de cono truncado en o dentro de una estructura de soporte en la que la pieza en bruto con forma de cono truncado se aloja sin contacto con una creciente deformación formando el cuerpo de cascarón, y
- d) la deformación de la pieza en bruto con forma de cono truncado mediante embutición cóncavo o deformación por rotación y/o contrarrodillos a través de una herramienta de conformación que actúa en el lado interior de la pieza en bruto con forma de cono truncado formando el cuerpo de cascarón,

se propone un procedimiento que mediante un aprovechamiento mejorado de los potenciales de calor y de fuerza existentes conduce a una considerable reducción de costes energéticos y, por el ahorro de tiempo resultante, a una alta rentabilidad. En el procedimiento según la invención, la pieza en bruto con forma de cono truncado ya se ha aproximado claramente al cuerpo de cascarón en comparación con una pieza en bruto plana circular o con forma de disco. De esta manera, se consigue reducir el grado de conformación necesario en comparación con la conformación de una pieza en bruto plana circular y, por tanto, evitar o al menos reducir considerablemente limitaciones de la conformación como por ejemplo un fallo de material en el material base y en la zona de soldadura especialmente crítica en cuanto a fallos. Esto permite a su vez la fabricación de cuerpos de cascarón con una relación mucho mayor entre la longitud axial y el diámetro, que hasta ahora. Una ventaja adicional consiste en que los cuerpos de cascarón se puede realizar con una pared más fina en relación con su diámetro y con un menor uso de material y de forma más ligera de lo que era posible hasta ahora debido a la formación de pliegues. Además, mediante el procedimiento según la invención se puede prescindir de pasos de fabricación individuales o incluso de varios de ellos que hasta ahora eran necesarios para la conformación de una pieza en bruto plana circular. Se puede suprimir hasta el 95% de los pasos de fabricación de la conformación actual. De esta manera, se consiguen ventajas de una considerable reducción de costes de fabricación, de un mayor caudal de componentes y una mejor rentabilidad en total. Al mismo tiempo, se obtienen una precisión de forma y dimensional extraordinariamente grande y al mismo tiempo una gran estabilidad del cuerpo de cascarón fabricado.

Más detalles ventajosos del procedimiento según la invención se describen en las reivindicaciones 2 a 11.

5 Las características de la reivindicación 2 según la que la al menos una pieza en bruto plana realizada como anillo circular parcial se elabora a partir de la al menos una pieza en bruto plana mediante separación, especialmente mediante corte mecánico, corte mediante láser o chorro de agua, serrado, fresado o erosionado, sirven para un modo de construcción sencillo, exacto y económico.

10 Además, son de especial interés las medidas constructivas de la reivindicación 3, según la que la pieza en bruto con forma de cono truncado se ensambla a partir de la al menos una pieza en bruto plana, realizada como anillo circular parcial, mediante soldadura por fricción-agitación (Friction-Stir-Welding o FSW) a lo largo de generatrices, orientadas una hacia otra, de la al menos una pieza en bruto plana, realizada como anillo circular parcial. Mediante la soldadura por fricción-agitación resultan considerables ventajas frente a procedimientos de soldadura habituales, sobre todo si el cordón de soldadura / los cordones de soldadura están sometidos a continuación a elevadas tensiones a causa de una conformación posterior como por ejemplo una embutición cóncava o una deformación por rotación y/o contrarrodillos y/o martillado y/o chorro de bolas. La soldadura por fricción-agitación resulta especialmente ventajosa por la posibilidad general de trabajar por debajo del punto de fusión, una reducida deformación en el cordón de soldadura / los cordones de soldadura, la ausencia de formación de rechupes, poros y salpicaduras de soldadura, una contracción como mucho muy reducida y una posibilidad de reparación favorable.

20 Preferentemente, la pieza en bruto con forma de cono truncado se sujeta y se fija en o dentro de la estructura de soporte en la que la pieza en bruto con forma de cono truncado se aloja sin contacto con una creciente deformación formando el cuerpo de cascarón, según la reivindicación 4 a lo largo de una circunferencia en la zona de una abertura grande de la pieza en bruto con forma de cono truncado, mediante un dispositivo para la sujeción de la pieza en bruto con forma de cono truncado con un anillo de embutir y un anillo tensor, así como especialmente con un anillo de estanqueización entre el anillo de embutir y el anillo tensor.

30 La pieza en bruto con forma de cono truncado se deforma mediante embutición cóncava o deformación por rotación formando el cuerpo de cascarón. La embutición cóncava ofrece la ventaja de que la conformación se desarrolla siguiendo el movimiento de forma localizada durante cada rodadura, dentro de un tiempo muy limitado y con una deformación radial definida con el grado de deformación impuesto por el patrón correspondiente. Alternativamente o adicionalmente, la deformación puede realizarse según la invención también mediante contrarrodillos.

35 En piezas en bruto con forma de cono truncado de mayor grosor de pared con una complicada geometría del meridiano resulta especialmente ventajoso que la pieza en bruto con forma de cono truncado se deforma mediante al menos una herramienta de conformación que actúa en el lado interior de la pieza en bruto con forma de cono truncado formando el cuerpo de cascarón según el principio de la "embutición cóncava". Como herramienta de conformación se puede usar al menos un rodillo de conformación o de embutir y/o una bola de embutir soportada preferentemente de forma hidrostática. Alternativamente, como herramienta de conformación se puede usar también al menos un contrarrodillo cooperador que actúe en el lado exterior de la pieza en bruto con forma de cono truncado.

45 En la precisión dimensional de la pieza en bruto con forma de cono truncado y del cuerpo de cascarón posterior durante la deformación o conformación o la embutición cóncava se puede influir si la herramienta de conformación que actúa en el lado interior de la pieza en bruto con forma de cono truncado se guía, en un plano radial con respecto a la pieza en bruto con forma de cono truncado, de forma bidimensional en la pieza en bruto con forma de cono truncado, desde la circunferencia en la zona de una abertura pequeña hasta la circunferencia en la zona de una abertura grande de la pieza en bruto y viceversa. Mediante este guiado que eventualmente se puede alternar opcionalmente se consiguen unos trayectos de desplazamiento notablemente más cortos de la herramienta de conformación. Como consecuencia, no en último lugar de ello, resulta un ahorro de tiempo general. Por lo tanto, en general, el movimiento tridimensional de la al menos una herramienta de conformación con respecto a la pieza en bruto puede discurrir en forma de una espiral tridimensional sobre la superficie superior o el lado interior de la pieza en bruto con forma de cono truncado, desde dentro hacia fuera o, viceversa, desde fuera hacia dentro, que conduce a la geometría deseada del cuerpo de cascarón. La forma de espiral resulta por el solape del movimiento radial bidimensional con la rotación de la pieza en bruto con forma de cono truncado como tercera dimensión. Pero un movimiento relativo entre la pieza en bruto y la herramienta de conformación puede realizarse también paso a paso con una inclinación adaptada respectivamente y con cualquier combinación de los respectivos movimientos básicos, para producir una geometría deseada.

60 Para seguir aumentando la precisión dimensional alcanzable con el procedimiento según la invención, la

herramienta de conformación que actúa en el lado interior de la pieza en bruto con forma de cono truncado se regula y/o se controla de forma numérica. La geometría final del cuerpo de cascarón se puede definir mediante la curva de meridiano de un patrón (de chapa) o mediante la programación de la curva de meridiano del patrón (de chapa) en un control CN. Cambios de geometría o adaptaciones de geometría posteriores para cuerpos de cascarón con otras formas son posibles sin grandes inversiones de tiempo, de personal y por tanto costes, dado que tan sólo hay que modificar el patrón o el control CN para la herramienta de conformación.

Convenientemente, la pieza en bruto con forma de cono truncado y la al menos una herramienta de conformación se mueven, especialmente se giran, una con respecto a otra durante la deformación formando el cuerpo de cascarón según la reivindicación 5. Esto se puede realizar mediante el movimiento de la herramienta de conformación y/o mediante un movimiento relativo o giro relativo previstos adicionalmente al movimiento de la herramienta de conformación, de la pieza en bruto que ha de ser deformada y de la pieza añadida estable a la abolladura o de la estructura de soporte o de la cámara de la estructura de soporte misma.

Además, según la reivindicación 6, en el marco de la invención es posible apoyar la pieza en bruto con forma de cono truncado antes de la deformación, con al menos una pieza añadida o una pieza de base y/o una pieza superpuesta similar, adaptados a la forma y las medidas de la pieza en bruto con forma de cono truncado. La abolladura de la pieza en bruto delgada con forma de cono truncado se impide mediante una o dos piezas añadidas de este tipo, estables a la abolladura. La/s pieza/s añadida/s estable/s a la abolladura son deformables, aunque especialmente son deformables de forma limitada. La estabilidad a la abolladura de estas piezas añadidas se puede garantizar tanto por su grosor como mediante la elección adecuada del material, es decir, mediante la elección de un material con el mayor módulo de elasticidad posible.

En otra forma de realización del procedimiento según la invención, la pieza en bruto con forma de cono truncado según la reivindicación 7 se puede ajustar a un perfil de temperatura elevado mediante al menos un dispositivo asignado a la estructura de soporte para el calentamiento y/o la calefacción de la pieza en bruto con forma de cono truncado.

En este contexto, es de especial importancia que según la reivindicación 8, antes de la deformación formando el cuerpo de cascarón, la pieza en bruto se somete a un recocido blando. La deformación o conformación o la embutición cóncava pueden realizarse de forma tanto más fácil y segura, cuanto más blando y dúctil es el comportamiento del material. El recocido blando resulta ventajoso para reducir tensiones internas y diferencias en la resistencia a la modificación de forma, debidas a la soldadura.

Además, es de especial interés obtener un grosor deseado de la pared final del cuerpo de cascarón. Para ello, antes de la deformación formando el cuerpo de cascarón, la pieza en bruto plana o la pieza en bruto plana realizada como anillo circular parcial o la pieza en bruto con forma de cono truncado se someten a un contorneado previo mediante arranque de virutas, especialmente mediante torneado, fresado y/o amolado, es decir, se proveen de una distribución predeterminada del grosor de pared en el estado plano, y/o de calados, perforaciones o cavidades similares que para la deformación se cierran temporalmente mediante recubrimientos, especialmente mediante una lámina. Mediante el contorneado previo del grosor de partida antes de la deformación se puede ajustar de forma exacta el grosor de pared final del cuerpo de cascarón. En la práctica, ha resultado ser especialmente ventajoso prever el contorneado de la pieza en bruto convenientemente en el lado exterior de esta. De esta manera, queda garantizado que la herramienta de conformación entra en contacto con el lado interior liso no contorneado de la pieza en bruto, si es necesaria dicha herramienta de conformación.

Además, puede resultar especialmente ventajoso apoyar el procedimiento según la invención para la deformación o la conformación o la embutición mediante la aplicación de un vacío. Para ello, el lado exterior, orientado hacia la estructura de soporte, de la pieza en bruto con forma de cono truncado se estanqueiza con respecto al lado interior, opuesto a la estructura de soporte, de la pieza en bruto y se aplica un vacío en una cámara de la estructura de soporte, cerrada por la pieza en bruto con forma de cono truncado. De esta manera, la deformación de la pieza en bruto con forma de cono truncado es asistida mediante la evacuación definida de la cámara de vacío. Si está previsto apoyar la deformación de la pieza en bruto con forma de cono truncado adicionalmente mediante la aplicación de un vacío, los calados, las perforaciones o las cavidades similares mencionados anteriormente de la pieza en bruto con forma de cono truncado se pueden sellar temporalmente de forma estanca al vacío mediante recubrimientos, especialmente mediante una lámina.

Para aumentar la precisión dimensional alcanzable, según la invención está prevista además la medición continua de la pieza en bruto con forma de cono truncado durante la deformación formando el cuerpo de cascarón. Esta medición geométrica de la pieza en bruto puede realizarse por ejemplo de forma automática mediante un sistema de medición, dado el caso, sin contacto y pivotante. La medición geométrica resulta especialmente ventajosa para

obtener a partir de la misma, datos para una adaptación de los parámetros de una conformación realizada paralelamente y/o a continuación.

5 Conforme a las medidas según la reivindicación 9, la pieza en bruto con forma de cono truncado se somete de manera ventajosa a un recocido de disolución y un enfriamiento brusco siguiente y, en caso de necesidad, eventualmente a un estirado en frío subsiguiente.

10 Además, conforme a las características según la reivindicación 10, después de la deformación o la conformación o la embutición cóncava, el cuerpo de cascarón se somete a un envejecimiento artificial en la estructura de soporte o en un horno y se pone en un estado T8. Precisamente si el cuerpo de cascarón se compone de metal, especialmente de aluminio o de una aleación de aluminio, generalmente se aspira a un bonificado para conseguir un estado T8 en las características del material. Por tanto, el estado T8 es el máximo estado alcanzable actualmente en aleaciones de aluminio endurecibles que se usan frecuentemente para depósitos de combustible para cohetes.

15 Convenientemente, según la reivindicación 11, la pieza en bruto plana o la pieza en bruto con forma de cono truncado se componen de acero, acero inoxidable, aluminio, titanio, una aleación de estos y/o una combinación de estos, preferentemente de aleaciones de aluminio de alta y de máxima resistencia y aleaciones de aluminio que contienen litio, y de forma particularmente preferible de una aleación de aluminio eventualmente endurecible como por ejemplo Al2195 o Al2219 y/o de materia sintética y/o de cerámica y/o de una combinación de estas.

20 Finalmente, en el marco de la invención también es posible usar el procedimiento, según la reivindicación 12, para la fabricación de componentes en forma de cascarón, rotacionalmente simétricos o no rotacionalmente simétricos. Han resultado ser especialmente ventajosos los componentes con forma de semiesfera, de calota esférica, de calota, de calota elipsoidal, cónicos o elípticos o componentes con forma de Cassini, con forma semitórica o componentes realizados con otras formas de sección transversal similares.

25 Según la figura 13, el procedimiento según la invención resulta especialmente adecuado para la fabricación de cascarones como domos para depósitos de combustible de cohetes, depósitos de satélites, antenas parabólicas, cascarones de reflectores parabólicos, colectores solares parabólicos, cajas de faros, fondos de recipientes, cúpulas de torres, calotas de presión o similares.

Más características, ventajas y detalles de la invención resultan de la siguiente descripción de formas de realización preferibles de la invención y de los dibujos.

35 Muestran:

la figura 1, una vista en planta desde arriba de una forma de realización de una pieza en bruto plana, realizada como anillo circular parcial, según la invención, o de un desarrollo de cono truncado de una pieza en bruto según la invención,

40 la figura 2, una vista en perspectiva de una forma de realización de una pieza en bruto con forma de cono truncado según la invención, ensamblada mediante soldadura a lo largo de generatrices, orientadas una hacia otra, de la pieza en bruto realizada como anillo circular parcial, según la figura 1,

45 la figura 3, una vista esquemática en sección transversal a través de una forma de realización de una pieza en bruto con forma de cono truncado según la invención, conforme a la figura 2, que se sujeta en una estructura de soporte y se conforma mediante una forma de realización preferible de un procedimiento según la invención a través de al menos una herramienta de conformación formando un cuerpo de cascarón,

la figura 4, una vista esquemática en sección transversal a través de una forma de realización de un cuerpo de cascarón según la invención, formado a partir de la pieza en bruto con forma de cono truncado según la figura 3,

50 la figura 5, una vista esquemática en sección transversal a través de otra forma de realización de una pieza en bruto con forma de cono truncado según la invención, conforme a la figura 3, que se sujeta en una estructura de soporte, se apoya con al menos una pieza añadida, estable a la abolladura, adaptada a la forma y las medidas de la pieza en bruto con forma de cono truncado, y se conforma mediante la forma de realización preferible del procedimiento según la invención a través de al menos una herramienta de conformación formando un cuerpo de cascarón,

55 la figura 6, una vista esquemática en sección transversal a través de otra forma de realización de una pieza en bruto con forma de cono truncado según la invención, en una representación reducida, y

la figura 7, una vista en planta desde arriba de otra forma de realización de una pieza en bruto plana, realizada como anillo circular parcial, según la invención, o un desarrollo de cono truncado de una pieza en bruto según la invención, conforme a la figura 1.

60 En la siguiente descripción de diferentes ejemplos de realización del procedimiento según la invención, los

componentes que se corresponden unos a otros o que son iguales están provistos respectivamente de cifras de referencia idénticas.

5 El procedimiento según la invención está previsto para la conformación o deformación de al menos una pieza en  
bruto 10 sustancialmente plana o no curvada de metal, especialmente de acero, de acero inoxidable, de aluminio,  
de titanio, de una aleación de estos y/o de una combinación de estos, preferentemente de aleaciones de aluminio  
de alta y máxima resistencia y aleaciones de aluminio que contienen litio, y de forma particularmente preferible de  
una aleación de aluminio preferentemente endurecible como por ejemplo Al2195 o Al2219 y/o de materia sintética  
10 y/o de cerámica y/o de una combinación de estas, formando un cuerpo de cascarón, un componente en forma de  
cascarón o una pieza de moldeo similar, tanto en estado frío como en estado caliente.

15 El procedimiento según la invención resulta adecuado especialmente para la fabricación de componentes en forma  
de cascarón rotacionalmente simétricos y/o componentes no rotacionalmente simétricos. De manera  
especialmente ventajosa, el procedimiento según la invención sirve para la fabricación de componentes con forma  
de semiesfera, de calota esférica, de calota, de calota elipsoidal, cónicos o elípticos, con forma de Cassini, con  
forma semitórica o con otras formas de sección transversal similares.

20 El procedimiento según la invención resulta adecuado de manera especialmente ventajosa para la fabricación de  
cascarones como domos para depósitos de combustible de cohetes, depósitos de satélites, antenas parabólicas,  
cascarones de reflectores parabólicos, colectores solares parabólicos, cajas de faros, fondos de recipientes,  
cúpulas de torres, calotas de presión o similares.

25 Según la figura 1, el procedimiento según la invención comprende un primer paso en el que al menos una pieza en  
bruto 12 que es plana y está realizada como anillo circular parcial o como desarrollo de cono truncado, a partir de  
la que se elabora al menos una pieza en bruto 10 plana realizada en forma de placa o de chapa. La elaboración se  
realiza preferentemente mediante separación, especialmente mediante corte mecánico, corte mediante láser o  
chorro de agua, serrado, fresado o erosionado etc.

30 Como se indica esquemáticamente en la figura 2, la al menos una pieza en bruto 12 plana, realizada como anillo  
circular parcial, se ensambla en un segundo paso del procedimiento según la invención formando una pieza en  
bruto 14 con forma de cono truncado o una pieza en bruto 14 con un cono truncado recto o una pieza en bruto 14  
en forma de un cono truncado recto. Para ello, la pieza en bruto 12 se suelda o se une por soldadura a lo largo de  
sus generatrices 16, 16' orientadas una hacia otra. En el procedimiento según la invención, como procedimiento de  
soldadura especialmente preferible se aplica la soldadura por fricción-agitación (Friction-Stir-Welding o FSW).

35 La pieza en bruto 14 con forma de cono truncado presenta un lado interior 18 y un lado exterior 20 y además tiene  
una abertura pequeña 22 y una abertura grande 24. La abertura pequeña 22 forma el llamado polo, mientras que la  
abertura grande 24 constituye una circunferencia exterior. La abertura pequeña 22 eventualmente puede cerrarse  
mediante una caperuza (de polo) que ha de aplicarse por soldadura y que puede tener cualquier forma, es decir,  
40 por ejemplo la forma de un disco plano y de una formación curvada de forma múltiple (por ejemplo, semiesfera,  
sección esférica, elipsoide comprimido / estirado etc.) para distribuir la fuerza que ha de ejercerse sobre la pieza en  
bruto 14 con forma de cono truncado por una mayor circunferencia y facilitar de esta manera la conformación.  
Mediante una brida o un borde conformados, la abertura grande 24 se puede realizar de tal manera que se facilita  
o se define de forma reproducible geométricamente la sujeción para la conformación.

45 En la figura 3 se muestra que, a continuación, en un tercer paso del procedimiento según la invención, la pieza en  
bruto 14 con forma de cono truncado se inserta en una estructura de soporte 26. La estructura de soporte 26 puede  
estar realizada como bastidor abierto o celosía espacial. En el ejemplo de realización representado  
esquemáticamente, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado entra en contacto con un dispositivo para la  
sujeción (no representado), exclusivamente a través de una circunferencia en la zona de la abertura grande 24. La  
50 pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se sujeta por ejemplo mediante el dispositivo para la sujeción, a  
través de un anillo de embutir y un anillo tensor, así como, dado el caso, un anillo de estanqueización entre el  
anillo de embutir y el anillo de sujeción (no representados respectivamente) y queda fijado de forma duradera y  
fiable durante la conformación.

55 Salvo la sujeción de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado por la circunferencia en la zona de la  
abertura grande 24, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado no toca la estructura de soporte 26 entre la  
circunferencia en la zona de la abertura grande 24 y la circunferencia en la zona de la abertura pequeña 22. De  
esta manera, se evita cualquier condición forzada fuera de la sujeción en la abertura grande 24.

60 En la forma de realización representada en la figura 3, la estructura de soporte 26 comprende una cámara 28 que

se describirá en detalle más adelante. La cámara 28 está realizada sustancialmente en forma de copa, de olla, de cuenco, de cono, de cono truncado o de otra forma hueca similar. Como se puede ver claramente en la figura 3, la forma de la cámara 28 de la estructura de soporte 26 difiere de la forma y las medidas de la pieza en bruto 14 que ha de ser deformada.

5 Para descartar cualquier condición forzada adicional también durante la conformación, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se aloja sin contacto con una creciente deformación en la estructura de soporte 26 y/o en la cámara 28, igualmente según la invención. Dicho de otra manera, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado entra en contacto en la estructura de soporte 26 y/o en la cámara 28, únicamente por el lado del borde o el lado circunferencial en la zona de la abertura grande 24, con el dispositivo para la sujeción (no representado). La/s zona/s de la pieza en bruto 14 no solicitadas por el dispositivo para la sujeción, que ha/n de ser deformada/s (crecientemente), no entra/n en contacto con la estructura de soporte 26 y/o la cámara 28.

15 Como también está representado en la figura 3, a continuación, se realiza el cuarto paso del procedimiento según la invención. En este, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se deforma formando un cuerpo de cascarón 30 según la figura 4 a través de al menos una herramienta de conformación 32 que actúa en el lado interior 18 de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado.

20 Una deformación especialmente preferible se produce en el procedimiento según la invención mediante la embutición cóncava o la deformación por rotación de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado. En este contexto, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se deforma a través de al menos una herramienta de conformación 32 en forma de un rodillo de conformación o rodillo de embutir, que actúa en el lado interior 18. En la forma de realización de la figura 3, se emplean dos rodillos de conformación o de embutir de este tipo. Alternativamente o adicionalmente, también es posible usar al menos una bola de embutir soportada preferentemente de forma hidrostática.

30 En una forma de realización alternativa al procedimiento según la invención mediante embutición cóncava, igualmente es posible deformar la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado mediante contrarrodillos formando el cuerpo de cascarón 30. En este caso, la al menos una herramienta de conformación 32 está realizada o bien por al menos un contrarrodillo (no representado) cooperador que actúa en el lado exterior 20 de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado.

35 Convenientemente, la herramienta de conformación 32 que actúa en el lado interior 18 de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se guía, en un plano radial con respecto a la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado, de forma bidimensional en la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado desde la circunferencia en la zona de la abertura pequeña 22 hasta la circunferencia en la zona de la abertura grande 24 de la pieza en bruto 14, y viceversa. La herramienta de conformación 32 se regula y/o se controla mediante un patrón o de forma numérica.

40 Además, aunque no está representado en detalle, es posible mejorar el procedimiento según la invención de tal forma que la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado y la al menos una herramienta de conformación 32 se muevan, especialmente se giren, una con respecto a otra durante la conformación formando el cuerpo de cascarón 30. En la figura 3, mediante las flechas 34 está representado esquemáticamente que la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado está dispuesta de forma estacionaria en la estructura de soporte 26, mientras que se mueve o gira la herramienta de conformación 32. Aunque no esté representado en detalle, una inversión cinemática de ello puede ser igualmente ventajosa, es decir, que la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado está realizada de forma giratoria en o junto a la estructura de soporte 26, mientras que la herramienta de conformación 32 puede moverse sólo en el sentido radial. Finalmente, también es posible una combinación, de tal forma que tanto la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado en o con la estructura de soporte 26 como la herramienta de conformación 32 estén realizadas de forma giratoria relativamente.

55 Según la figura 5, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se apoya de manera ventajosa antes de la deformación, con al menos una pieza añadida 36, 38 estable a la abolladura o mediante una pieza de base y/o una pieza superpuesta similares. La al menos una pieza añadida 36, 38 estable a la abolladura o la pieza de base y/o la pieza superpuesta similares son deformables, especialmente deformables de forma limitada, para evitar la abolladura de una formación de pliegues de la pieza en bruto 14 que ha de ser deformada y para estabilizar la pieza en bruto 10 que ha de ser deformada de tal forma que se evite el riesgo de la formación de pliegues. En el ejemplo de realización representado en la figura 5, la pieza añadida 36 actúa como pieza superpuesta y la pieza añadida 38 actúa como pieza de base, visto respectivamente desde la herramienta de conformación 32. Las piezas añadidas 36, 38 están adaptadas a la forma y las medidas de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado. Por tanto, coincide sustancialmente la forma de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado y de las piezas

añadidas 36, 38. Sin embargo, por la forma recta de cono truncado, para conseguir durante la deformación completa de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado formando el cuerpo de cascarón 30, un contacto mutuo por toda la superficie completa de las piezas añadidas 36, 38 con el lado interior 18 o el lado exterior 20 de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado, la pieza en bruto 36 prevista como pieza superpuesta tiene unas medidas ligeramente más pequeñas que la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado. En la pieza añadida 38 prevista como pieza de base es al revés. Por lo tanto, la pieza añadida 38 prevista como pieza de base tiene unas medidas ligeramente más grandes que la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado. Mediante las al menos una, en este caso dos, pieza/s añadida/s 36, 38 estables a la abolladura se impide o al menos se dificulta considerablemente la abolladura de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado. La estabilidad a la abolladura de las piezas añadidas 36, 38 se puede conseguir tanto mediante su grosor como mediante una elección adecuada del material, es decir, mediante la elección de un material con el máximo módulo de elasticidad posible.

Preferentemente, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se ajusta a un perfil de temperatura elevado a través de al menos un dispositivo asignado a la estructura de soporte 26 para el calentamiento y/o la calefacción (no representado) de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado. Antes de la deformación formando el cuerpo de cascarón 30, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se puede someter por ejemplo a un recocido blando. Además, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado puede someterse, especialmente después de su deformación sustancial formando el cuerpo de cascarón 30, a un recocido de disolución y un enfriamiento brusco siguiente y, en caso de necesidad, eventualmente a un estirado en frío subsiguiente. Mediante estas medidas se consigue compensar posibles deformaciones, eliminar tensiones propias y distribuir lo más homogéneamente posible defectos de celosía en la estructura.

Además, la pieza en bruto 10 plana o la pieza en bruto 12 plana realizada como anillo circular parcial o la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se pueden proveer, antes de la deformación formando el cuerpo de cascarón 30, de un contorneado mediante arranque de virutas, especialmente mediante torneado, fresado y/o amolado, ajustando una distribución predeterminada del grosor de pared de la pieza en bruto 10, 12, 14 para obtener un grosor de pared final deseado del cuerpo de cascarón 30. Igualmente, es posible prever calados, perforaciones o cavidades similares que para la deformación pueden cerrarse temporalmente mediante recubrimientos, especialmente mediante una lámina (tampoco está representado).

Para apoyar la deformación de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado por la al menos una herramienta de conformación 32 puede estar prevista adicionalmente una evacuación definida. Para ello, el lado exterior 20, orientado hacia la estructura de soporte 26, de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se estanqueiza con respecto al lado interior 18 de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado que está opuesta a la estructura de soporte 26, y se aplica un vacío en una cámara 28 de la estructura de soporte 26, que está cerrada por la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado. Para este fin, la estructura de soporte 26 puede estar realizada por ejemplo como celosía espacial con una pared a prueba de vacío o la cámara 28 puede estar realizada como cámara de vacío. Calados, perforaciones o cavidades similares en la pieza en bruto 10 plana o la pieza en bruto 12 plana realizada como cono circular recto o la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se pueden sellar durante la deformación temporalmente mediante recubrimientos separados, especialmente mediante una lámina, y de manera especialmente ventajosa mediante las pieza/s añadida/s 36, 38 estables a la abolladura.

Durante la deformación formando el cuerpo de cascarón 30, la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado preferentemente se mide continuamente.

Finalmente, después de la deformación, el cuerpo de cascarón 30 se puede someter a un envejecimiento artificial en la estructura de soporte 26 o en un horno y se pone en un estado T8.

En la figura 6 está representada esquemáticamente otra forma de realización de una pieza en bruto 14 con forma de cono truncado en la que la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado o cónica que se puede someter a una deformación según el procedimiento según la invención presenta modificaciones geométricas.

Mientras que la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado según las figuras 1 a 5 está formada respectivamente por una sola pieza en bruto 19 plana o una pieza en bruto 123 plana realizada como anillo circular parcial, la pieza en bruto 14' cónica según la figura 6 se compone de dos piezas en bruto 12 planas realizadas como anillo circular. Esta forma de realización puede resultar ventajosa si la pieza en bruto 14 sencilla con forma de cono truncado todavía no se aproxima suficientemente a la forma final deseada. Entonces, la pieza en bruto 14' con forma de cono truncado también puede estar unida o soldada a partir de dos o varios conos representados con diferentes ángulos de cono, a través de dos o varias generatrices 16", 16'" orientadas una hacia otra.

La pieza en bruto 14' con forma de cono truncado se puede ensamblar de manera discrecional: en primer lugar, las dos piezas en bruto 12 planas realizadas como anillo circular parcial pueden ensamblarse mediante la soldadura de las generatrices 16, 16' orientadas una hacia otra formando una pieza en bruto 14 correspondiente con forma de cono truncado. A continuación, a su vez, las dos piezas en bruto 14 con forma de cono truncado se ensamblan mediante la soldadura de las respectivas generatrices 16", 16'" orientadas una hacia otra, formando una pieza en bruto 14' con forma de cono truncado que finalmente se somete a la deformación según la invención. En una forma de realización alternativa, en primer lugar, respectivamente las dos piezas en bruto 12 planas, realizadas como anillo circular parcial pueden ensamblarse mediante la soldadura de las respectivas generatrices 16", 16'" orientadas una hacia otra, formando una pieza en bruto plana conformada correspondientemente. A continuación, a su vez, la pieza en bruto plana conformada correspondientemente se ensambla mediante la soldadura de las respectivas generatrices 16, 16' orientadas una hacia otra, formando una pieza en bruto 14' con forma de cono truncado en una sola pieza. Igualmente son posibles combinaciones de ello para ensamblar la pieza en bruto 14' con forma de cono truncado.

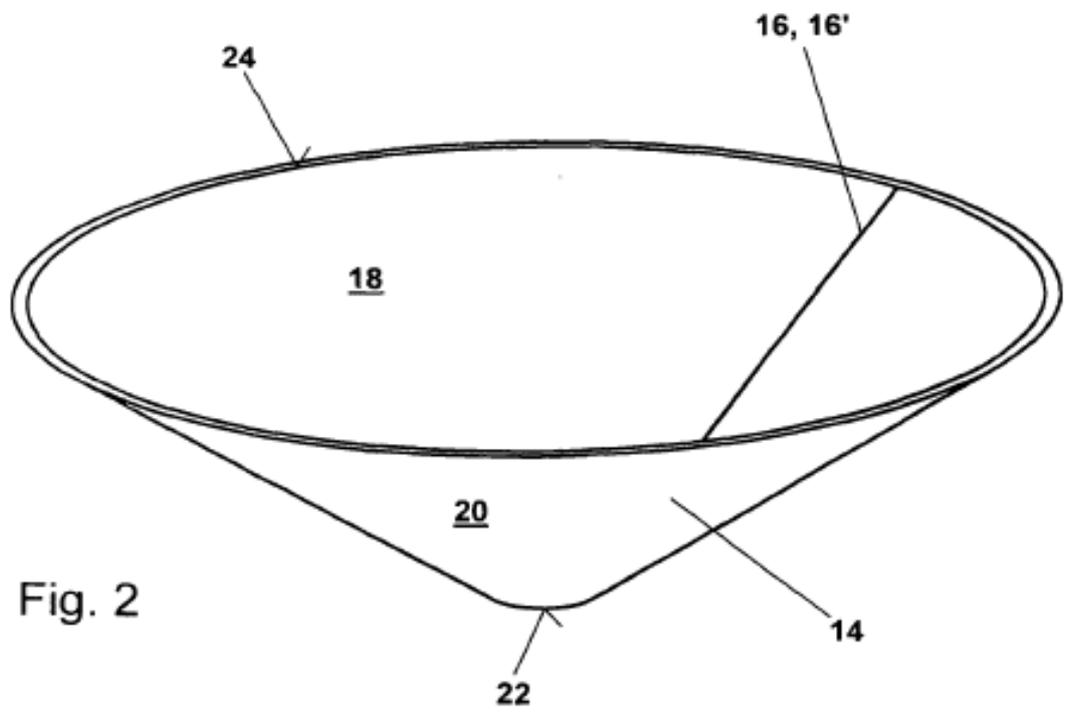
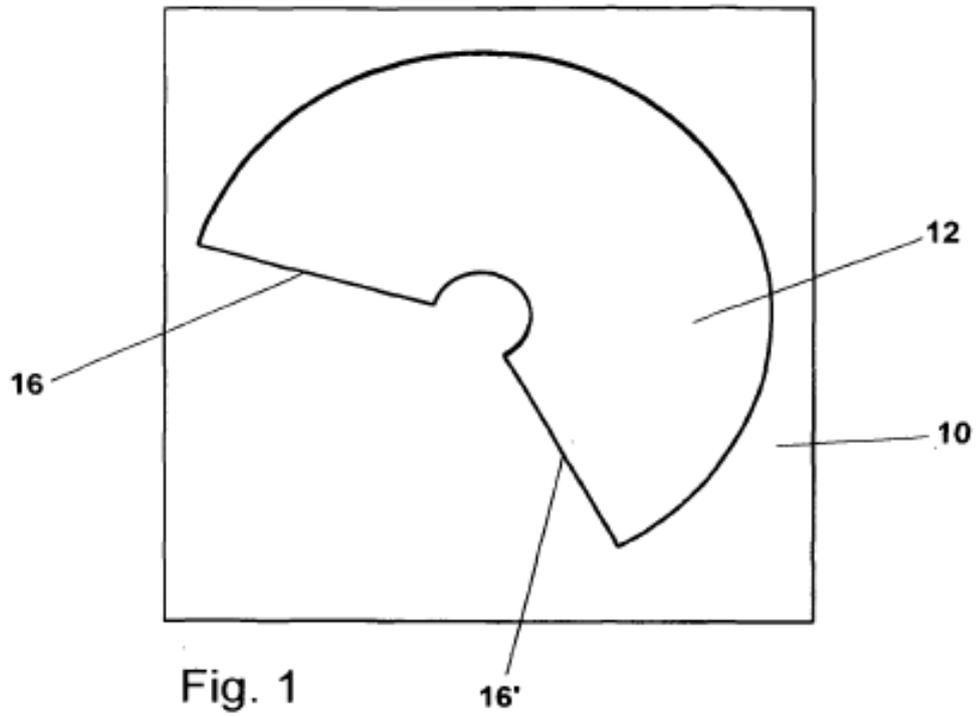
Finalmente, en la figura 7 está representada además otra forma de realización del procedimiento según la invención. Según esta, igualmente es posible formar una pieza en bruto 12' plana realizada como anillo circular parcial, en primer lugar, a partir de dos piezas en bruto 12 planas realizadas como anillo circular parcial, formando una pieza en bruto 12' plana, de una sola pieza, realizada como anillo circular parcial, con medidas más grandes. En la figura 7, la pieza en bruto 12' plana, de una sola pieza, realizada como anillo circular parcial, está formada por un total de 3 piezas en bruto 12 de diferentes tamaños (de ángulo). Para ello, las dos o varias piezas en bruto 12 se unen por soldadura entre ellas respectivamente a través de generatrices 16, 16', orientadas una hacia otra, de una respectiva pieza en bruto 12 contigua. El ensamble de la pieza en bruto 14 con forma de cono truncado se realiza finalmente mediante la soldadura a lo largo de las dos últimas generatrices 16, 16', orientadas una hacia otra, de la pieza en bruto 12' plana, de una sola pieza, realizada como anillo circular parcial (no representada). El número de piezas en bruto 12 planas realizadas como anillo circular parcial resulta por el formato y las medidas de piezas en bruto 12 planas disponibles en función de los anchos de laminadores existentes. Precisamente en cuerpos de cascarón 30 de grandes dimensiones para cohetes portadores grandes, el formato y las dimensiones de las piezas en bruto 12 planas disponibles no son suficientes para una pieza en bruto 14, 14' con forma de cono truncado que ha de fabricarse en una sola pieza o ensamblarse.

La invención no se limita a las formas de realización representadas. Por tanto, el procedimiento según la invención se puede usar también para cualquier otra forma desarrollable, curvada de forma sencilla, como un cono, un cono truncado oblicuo, un cono truncado o un cono con un ángulo de cono inverso, un cilindro, un semicilindro o similar, para minimizar el grado de conformación y el gasto con vistas a la geometría final deseada mediante la aproximación a esta mediante sencillas operaciones redondas.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Procedimiento para la conformación de al menos una pieza en bruto (10) sustancialmente plana formando un cuerpo de cascarón (30), que comprende los siguientes pasos:
- 5 a) la elaboración de al menos una pieza en bruto (12, 12') plana, realizada como anillo circular parcial, a partir de la al menos una pieza en bruto (10) plana,
- b) el ensamble de una pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado a partir de la al menos una pieza en bruto (12, 12') plana, realizada como anillo circular parcial, mediante soldadura a lo largo de generatrices (16, 16', 16'', 16'''), orientadas una hacia otra, de la al menos una pieza en bruto (12, 12') plana, realizada como anillo circular parcial,
- 10 c) la sujeción de la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado en o dentro de una estructura de soporte (26) en la que la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado se aloja sin contacto con una creciente deformación formando el cuerpo de cascarón (30), y
- 15 d) la deformación de la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado mediante embutición cóncava o deformación por rotación y/o contrarrodillos, a través de una herramienta de conformación (32) que actúa en el lado interior (18) de la pieza en bruto (14, 14') con forma de tronco cónico formando el cuerpo de cascarón (30).
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la al menos una pieza en bruto (12, 12') plana realizada como anillo circular parcial se elabora a partir de la al menos una pieza en bruto (10) plana mediante separación, especialmente mediante corte mecánico, corte mediante láser o chorro de agua, serrado, fresado o erosionado.
- 25 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado se ensambla a partir de la al menos una pieza en bruto (12, 12') plana, realizada como anillo circular parcial, mediante soldadura por fricción-agitación (Friction-Stir-Welding o FSW) a lo largo de generatrices (16, 16', 16'', 16'''), orientadas una hacia otra, de la al menos una pieza en bruto (12, 12') plana, realizada como anillo circular parcial.
- 30 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado se sujeta y se fija en o dentro de la estructura de soporte (26) en la que la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado se aloja sin contacto con una creciente deformación formando el cuerpo de cascarón (30), a lo largo de una circunferencia en la zona de una abertura grande (24) de la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado, mediante un dispositivo para la sujeción de la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado con un anillo de embutir y un anillo tensor, así como especialmente con un anillo de estanqueización entre el anillo de embutir y el anillo tensor.
- 35 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado y la al menos una herramienta de conformación (32) se mueven, especialmente se giran, una con respecto a otra durante la deformación formando el cuerpo de cascarón (30).
- 40 6.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado se apoya, antes de la deformación, con al menos una pieza añadida (36, 38) o una pieza de base y/o una pieza superpuesta similar, adaptados a la forma y las medidas de la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado.
- 45 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la pieza en bruto (12, 12') con forma de cono truncado se puede ajustar a un perfil de temperatura elevado mediante al menos un dispositivo asignado a la estructura de soporte (26) para el calentamiento y/o la calefacción de la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado.
- 50 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque**, antes de la deformación formando el cuerpo de cascarón (30), la pieza en bruto (14, 14') se somete a un recocido blando.
- 55 9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado se somete a un recocido de disolución y un enfriamiento brusco subsiguiente y, en caso de necesidad, eventualmente a un estirado en frío subsiguiente.
- 60 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** el cuerpo de cascarón (30) se somete a un envejecimiento artificial en la estructura de soporte o en un horno y se pone en un estado T8.

- 5 **11.-** Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** la pieza en bruto (10) plana o la pieza en bruto (14, 14') con forma de cono truncado se componen de metal, especialmente de acero, acero inoxidable, aluminio, titanio, una aleación de ellos y/o una combinación de ellos, preferentemente de aleaciones de aluminio de alta y de máxima resistencia y aleaciones de aluminio que contienen litio, y de manera particularmente preferible de una aleación de aluminio eventualmente endurecible, Al 2195 o Al 2219, y/o de materia sintética y/o de cerámica y/o de una combinación de estas.
- 10 **12.-** Uso del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores para la fabricación de componentes rotacionalmente simétricos y/o no rotacionalmente simétricos con forma de cascarón, especialmente realizados con forma de semiesfera, de calota esférica, de calota, de calota elipsoidal, cónicos o elípticos, con forma de Cassini, con forma semitórica o con otras formas de sección transversal similares.
- 15 **13.-** Uso del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores para la fabricación de cascarones como domos para depósitos de combustible de cohetes, depósitos de satélites, antenas parabólicas, cascarones de reflectores parabólicos, colectores solares parabólicos, cajas de faros, fondos de recipientes, cúpulas de torres, calotas de presión o similares.



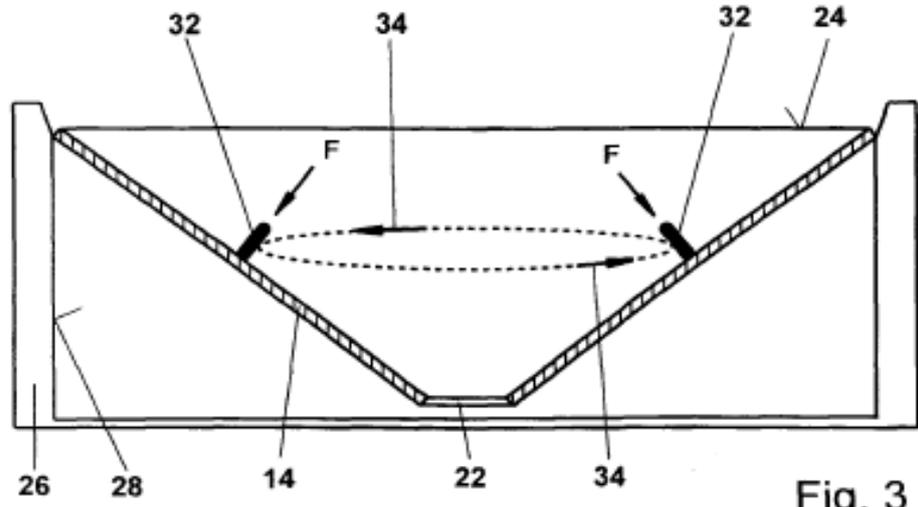


Fig. 3

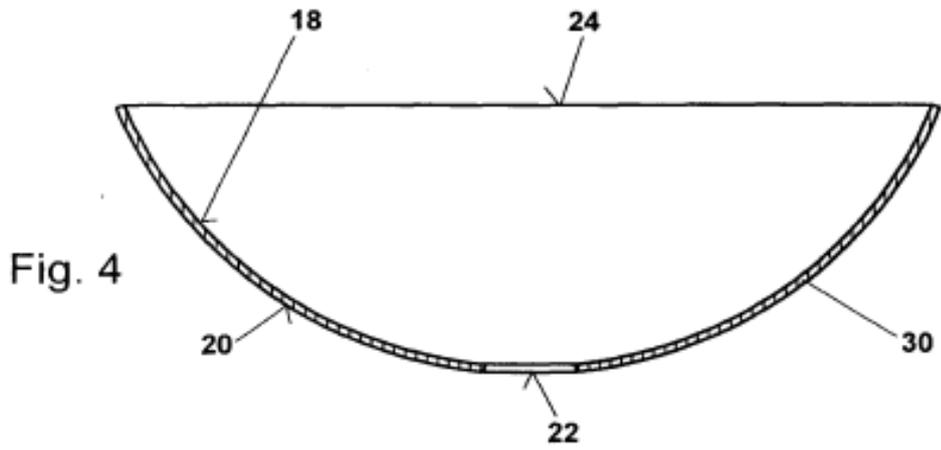


Fig. 4

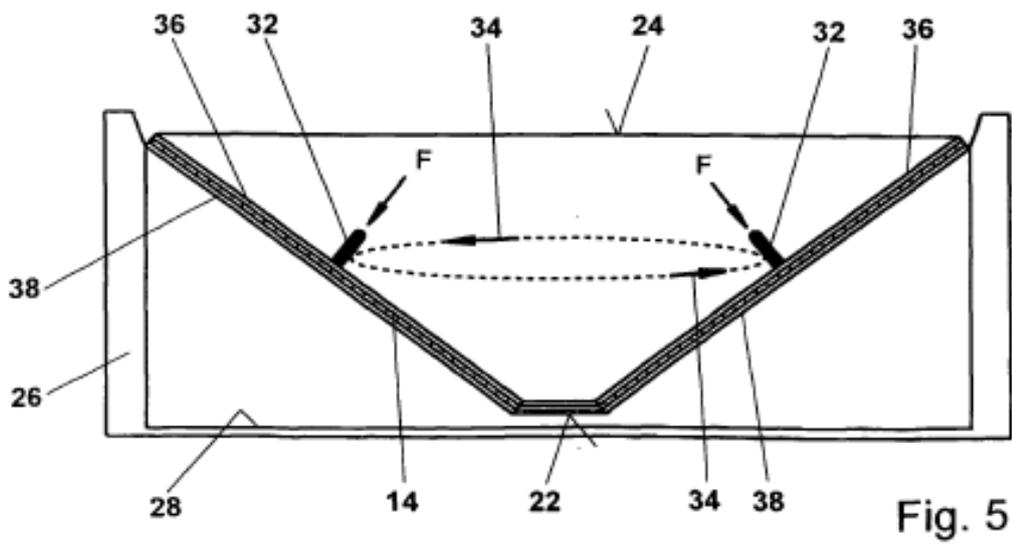


Fig. 5

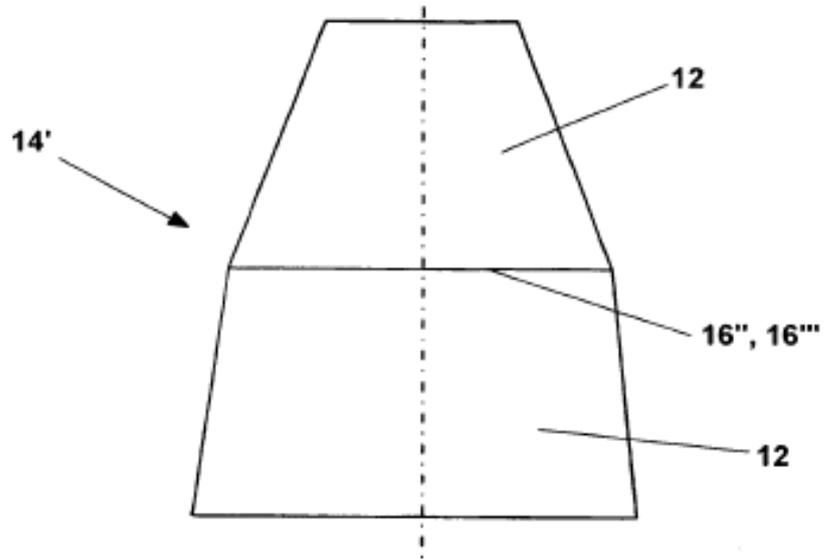


Fig. 6

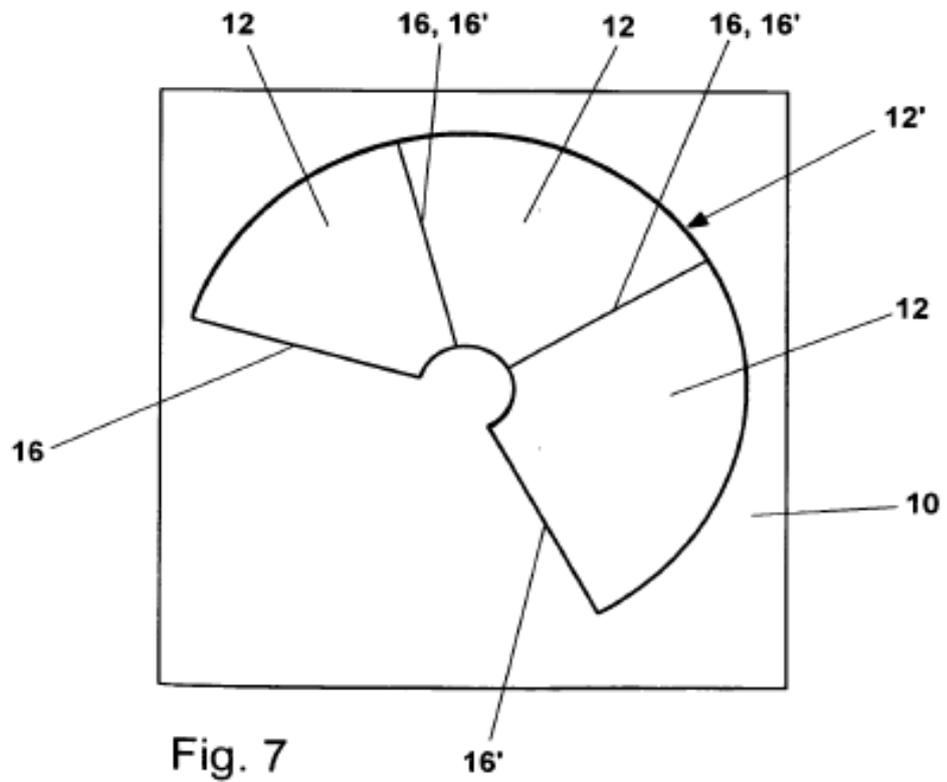


Fig. 7