(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 306 145 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
01.09.2004 Patentblatt 2004/36

(51) Int Cl.[7]: **B21D 26/02**

(21) Anmeldenummer: **02020724.7**

(22) Anmeldetag: **14.09.2002**

(54) **Thermisches Innendruck-Umformverfahren**

Method for thermal hydroforming

Procédé thermique d' hydroformage

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **27.10.2001 DE 10153139**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.05.2003 Patentblatt 2003/18

(73) Patentinhaber: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**
80809 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Katzlinger, Peter**
  85540 Haar (DE)
- **Reuter, Helmut**
  94437 Mamming (DE)
- **Baumann, Bernd, Dr.**
  56567 Neuwied (DE)
- **Heine, Burkhard, Prof. Dr.**
  73431 Aalen (DE)
- **Bauer, Herbert, Prof. Dr.-Ing.**
  73430 Aalen (DE)
- **Haas, Andreas, Dr.**
  73457 Essingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 361 215
DE-A- 19 531 035
DE-A- 19 946 290

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 306 145 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein thermisches Innendruck-Umformverfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Aus der DE 195 31 035 C2 ist ein Verfahren dieser Art zur Innendruckumformung von randseitig miteinander verschweißten Blech- und insbesondere Aluminiumplatinen bekannt, bei dem die Blechplatinen entweder außerhalb des Formwerkzeugs oder in diesem selbst durch Vor- oder Aufheizen der Form oder des Druckmediums auf ein erhöhtes Temperaturniveau erwärmt und in diesem Zustand umgeformt werden, um auf diese Weise mit relativ niedrigen Drücken hohe Umformgrade zu erzielen. Dabei ergeben sich jedoch bei Werkstoffen wie Titan oder eben auch Aluminium, die in der Kraft- und Luftfahrzeugindustrie zunehmend häufiger zum Einsatz kommen, höchst unerwünschte Gefügeumwandlungen mit Rekristallisations- und Versprödungseffekten, wenn nicht auf korngrößenstabilisierte, superplastische Sonderwerkstoffe zurückgegriffen wird, die sehr kostspielig und zumindest für eine Serienfertigung nicht akzeptabel sind.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, das Verfahren der eingangs genannten Art so auszugestalten, dass auch konventionelle, unter Wärmeeinwirkung rekristallisationsanfällige Werkstoffe, wie normales Aluminium oder Titan, auf fertigungstechnisch einfache Weise ohne unerwünschte Gefügeumwandlungen im schmelzpunktnahen Temperaturbereich zu qualitativ hochwertigen Hohlbauteilen innendruckumformbar sind.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das im Patentanspruch 1 angegebene Verfahren gelöst.

[0005] Erfindungsgemäß wird durch eine gegenüber den bekannten Verfahren wesentliche Verkürzung der Erwärmungs- und Verformungsphase eine störende Gefügeumwandlung an in dieser Hinsicht empfindlichen Materialien unterbunden und in Verbindung mit der Verwendung konventioneller, nicht-korngrößenstabilisierter anstelle von superplastischen Werkstoffen eine erheblich kostengünstigere Bauteilfertigung mit hohen Umformgraden sichergestellt, ohne dass sich der schmelzpunktnahe Erwärmungszustand der Blechplatinen nachteilig auf die Materialeigenschaften des fertigen Hohlbauteils auswirkt, mit dem weiteren, insbesondere für eine Serienfertigung bedeutsamen Effekt, dass sich aufgrund der verkürzten Taktzeiten zugleich auch entsprechend erhöhte Produktionsraten erzielen lassen.

[0006] Die Erwärmungs- und Verformungsphase wird nach der Erfindung auf einen Zeitraum von etwa 5 Minuten begrenzt. Im Rahmen der Erfindung werden vorzugsweise konventionelle Aluminiumbleche oder solche aus einer nicht-korngrößenstabilisierten Aluminiumlegierung bei einem Temperaturniveau von etwa 500 °C innendruckverformt. In weiterer, besonders bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung werden die Blechplatinen nach dem Einlegen in das Formwerkzeug auf dem Wege über eine in dieses integrierte Heizeinrichtung erwärmt, wodurch einerseits Zeitverluste, die beim Aufheizen der Platinen außerhalb des Formwerkzeugs entstehen, vermieden werden und andererseits - anders als beim Erwärmen der Blechplatinen mit Hilfe eines erhitzten Druckmediums - eine exakte, zeitlich getrennte Steuerung von Aufheizund Verformungsvorgang ermöglicht wird.

[0007] Die Innendruckverformung erfolgt zweckmäßigerweise mit Hilfe eines gasförmigen Druckmediums, im einfachsten Fall Luft, unter einem Druck von normalerweise 20 bis 40 bar bis hin zu Druckwerten von ca. 250 bar, falls z. B. scharfkantige Eckbereiche an den Hohlbauteilen ausgeformt werden sollen. Um sicherzustellen, dass die Blechplatinen unter der Wärmeeinwirkung nicht an ihren an die Schweißnaht angrenzenden Kontaktflächen zusammenschmelzen, werden diese zweckmäßigerweise mit einem Trennmittel partiell vorbeschichtet. Die konstruktive Steifigkeit der Hohlbauteile schließlich lässt sich dadurch auf fertigungstechnisch einfache Weise erhöhen, dass zwischen den äußeren Blechplatinen zumindest eine werkstoffgleiche Innenplatine angeordnet und randseitig mit diesen verschweißt wird, welche sich beim Aufweiten der Außenplatinen zu einem den Hohlkörper durchsetzenden Versteifungsblech verformt.

[0008] Die Erfindung wird nunmehr anhand zweier Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert. Diese zeigen in stark schematisierter Darstellung in

Fig. 1a, b zwei aufeinanderfolgende Fertigungsstufen eines Hohlbauteils a.) nach dem Einlegen der Blechplatinen in das Formwerkzeug und b.) nach Beendigung des Umformprozesses; und

Fig. 2a, b, c den Fertigungsablauf für ein modifiziertes, innenblechversteiftes Hohlbauteil a.) vor Beginn, b.) in einer Zwischenstufe und c.) nach Beendigung des Umformvorgangs.

[0009] Bei dem anhand der Fig. 1 erläuterten Umformverfahren zur Herstellung eines im Querschnitt geschlossenen Hohlbauteils 1 werden zunächst zwei Blechplatinen 2, 3 mit einer Wandstärke von jeweils einigen mm aus konventionellem, nicht-korngrößenstabilisierten Aluminium oder einer ebensolchen Aluminiumlegierung, welche an ihren Kontaktflächen - mit Ausnahme eines schmalen Randstreifens - mit einer siliziumnitridhaltigen, gestrichelt dargestellten Trennmittelschicht 4 belegt sind, unter Zwischenschaltung einer Drucklanze 5 in ein insgesamt mit 6 bezeichnetes Formwerkzeug eingelegt. Dieses besteht aus einem mit einer der Außenkontur des Hohlbauteils 1 entsprechenden Formkavität 7 versehenen Werkzeugober- und -unterteil 8, 9,

welche auf der Außenseite jeweils von einer Wärmeisolationsschicht 10 umschlossen sind und durch eine Heizeinrichtung 11 kontinuierlich auf einem nahe dem Schmelzpunkt der Blechplatinen 2, 3 liegenden Temperaturniveau von etwa 500 °C gehalten werden. Zur Überwachung des Temperaturniveaus sind im Bereich der Formkavität 7 und im Randbereich der Blechplatinen 2, 3 jeweils Temperatursensoren 12 angeordnet.

[0010] Nach dem Einlegen der Blechplatinen 2, 3 werden die Werkzeugteile 8, 9 zusammengefahren und die Blechplatinen 2, 3 unter der Druckwirkung der Werkzeugteile 8, 9 und der gleichzeitigen, schmelzpunktnahen Erwärmung an ihren trennmittelfreien Randzonen miteinander preßverschweißt, während eine Schmelzbindung an den übrigen Kontaktflächen infolge der Trennmittelbeschichtung 4 unterbunden wird.

[0011] Anschließend werden die Blechplatinen 2, 3 über die Drucklanze 5 mit einem Druckmedium, z. B. Druckluft, innendruckbeaufschlagt und dadurch bis zur Anlage an der Formkavität 7 des Formwerkzeugs 6 aufgeweitet, so dass der in Fig. 1b gezeigte Hohlkörper 1 entsteht. Das Druckniveau des Druckmediums liegt dabei normalerweise zwischen 20 und 40 bar, kann jedoch je nach Verformungsgrad und Querschnittsgeometrie des Hohlbauteils 1 bis zu 250 bar angehoben werden.

[0012] Nach Beendigung des Umformvorgangs wird das Formwerkzeug 6 geöffnet und der Hohlkörper 1 entnommen, woraufhin die Drucklanze 5 abgetrennt, die entstehende Hohlkörperöffnung verschlossen und ein neuer Fertigungszyklus begonnen werden kann. Wesentlich ist, dass die Zeitspanne zwischen dem Aufheizen der Blechplatinen 2, 3 und der Entnahme des Hohlkörpers 1 so kurz bemessen wird, dass eine Gefügeumwandlung der Blechplatinen 2, 3 unterbleibt. Diese Zeitspanne liegt bei konventionellen, nicht-komgrößenstabilisierten Aluminiumplatinen in der Größenordnung von wenigen, nämlich etwa 5 Minuten.

[0013] Die Ausführungsform nach Fig. 2, wo die dem ersten Ausführungsbeispiel entsprechenden Komponenten durch ein um 100 erhöhtes Bezugszeichen gekennzeichnet sind, unterscheidet sich von diesem in erster Linie durch einen anders aufgebauten Platinenverbund, welcher hier aus z. B. durch Laserstrahlnähte 13, 14 randseitig miteinander vorverschweißten Außen- und kleineren, von Durchlassöffnungen 15 durchsetzten Innenplatinen 102, 103 bzw. 16, 17 wiederum aus konventionellem, nicht-korngrößenstabilisierten Aluminium oder einer gleichartigen Aluminiumlegierung besteht. Aus Fig. 2b ist ersichtlich, wie die Außenplatinen 102, 103 unter der Innendruckwirkung und der gleichzeitigen, schmelzpunktnahen Erwärmung ballonartig aufgeweitet und zugleich die Innenplatinen 16, 17 gestreckt werden, bis am Ende des thermischen Umformprozesses (Fig. 2c) ein im Querschnitt geschlossenes Hohlbauteil 101 mit scharfkantigen Eckbereichen und durch die Innenplatinen 16, 17 gebildeten, parallel zur Verbindungsnaht 13 der Außenplatinen 102, 103 verlaufenden Versteifungsblechen entsteht. Aufgrund der rechteckförmigen Querschnittsgeometrie des Hohlbauteils 101 muss in diesem Fall mit wesentlich höheren Innendrücken in der Größenordnung von 200 bar gearbeitet werden. Im Übrigen ist die Verfahrensweise sowohl hinsichtlich der formwerkzeugseitigen Aufheizung als auch hinsichtlich der auf wenige Minuten begrenzten Zeitspanne zwischen dem Einlegen des Platinenverbunds und dem Entformen des Hohlbauteils 101 die gleiche wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel.

Patentansprüche

1. Thermisches Innendruck-Umformverfahren, bei dem randseitig miteinander verschweißte Metallplatinen in einem Formwerkzeug, bis nahe der Schmelztemperatur der Metallplatinen erwärmt und im erwärmten Zustand durch Einleiten eines Druckmediums zwischen die Platinen bis zur Anlage an der Formkavität des Formwerkzeuges zu einem Hohlkörper aufgeweitet und anschließend aus dem Formwerkzeug entnommen werden,
dadurch gekennzeichnet, dass die Metallplatinen aus einem nicht korngrößenstabilisierten Werkstoff bestehen und für die Erwärmungs- und Innenhochdruckverformungsphase der Metallplatinen eine kurze, unterhalb der Gefügeumwandlungszeit des nicht korngrößenstabilisierten Werkstoffs bei Erwärmungstemperatur liegende Zeitspanne von etwa 5 Minuten eingehalten wird.

2. Umformverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die nicht-korngrößenstabilisierten Metallplatinen aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung bestehen und auf eine Temperatur von etwa 500 °C erwärmt werden.

3. Umformverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Metallplatinen nach dem Einlegen in das Formwerkzeug auf dem Wege über eine in dieses integrierte Heizeinrichtung erwärmt werden.

4. Umformverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Metallplatinen mit einem Innendruck von maximal 250 bar druckgasverformt werden.

5. Umformverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Metallplatinen an ihren an die Schweißnaht angrenzenden Kontaktflächen mit einem Trennmittel beschichtet werden.

6. Umformverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
zwischen die äußeren Metallplatinen zumindest eine weitere, randseitig mit den Außenplatinen ver-

schweißte und nach dem Aufweiten der Außenplatinen ein den Hohlkörper durchsetzendes Innenblech bildende Metallplatine eingesetzt wird.

Claims

1. Thermal internal pressure forming method, in which metal plates welded together at the edges are heated in a forming tool to close to the melting temperature of the metal plates and, in the heated state, are expanded to form a hollow body, by introduction of a pressure medium between the plates until they contact the forming cavity of the forming tool and are then removed from the forming tool,
characterised in that the metal plates consist of a non-grain-size-stabilised material and a short time span of about 5 minutes which is below the time required for structural change in the non-grain-size-stabilised material at heating temperature is adhered to for the heating and internal high pressure forming phase of the metal plates.

2. Forming method according to claim 1, **characterised in that** the non-grain-size-stabilised metal plates comprises aluminium or an aluminium alloy and are heated to a temperature of about 500°C.

3. Forming method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**,
after being placed in the forming tool, the metal plates are heated via a heating device integrated therein.

4. Forming method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
the metal plates are formed by compressed gas at an internal pressure of a maximum of 250 bar.

5. Forming method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
the metal plates are coated with a release agent on their contact faces adjacent to the weld seam.

6. Forming method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**
at least one further metal plate which is welded at the edges to the external plates and, after the expansion of the external plates, forms an internal sheet penetrating the hollow body is inserted between the external metal plates.

Revendications

1. Procédé thermique d'hydroformage selon lequel des platines métalliques soudées ensemble côté bords sont chauffées dans un outil de formage jusqu'à une température proche de celle de fusion des platines métalliques, et, en l'état chauffées, par introduction d'un agent de pressurisation entre les platines, élargies en un corps creux jusqu'à s'appuyer contre la cavité en forme de l'outil de formage et sont ensuite prélevées de l'outil de formage,
caractérisé en ce que
les platines métalliques se constituent d'un matériau de taille de grains non stabilisée et, pour la phase de chauffage et d'hydroformage des platines métalliques, un intervalle de temps court, inférieur au temps de transformation de structure du matériau de taille de grains non stabilisée à température de chauffage, d'environ 5 minutes, est respecté.

2. Procédé de formage selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
les platines métalliques de taille de grains non stabilisée se constituent d'aluminium ou d'un alliage d'aluminium et sont chauffées à une température d'environ 500 °C.

3. Procédé de formage selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
les platines métalliques sont chauffées, après introduction dans l'outil de formage en circulation, par un dispositif de chauffage intégré dans celui-ci.

4. Procédé de formage selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
les platines métalliques sont déformées par un gaz sous pression, avec une pression intérieure de 250 bar au maximum.

5. Procédé de formage selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
les platines métalliques sont enduites d'un produit de séparation sur leurs surfaces de contact proches du joint soudé.

6. Procédé de formage selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
placée entre les platines métalliques extérieures, au moins une autre platine métallique est soudée côté bord avec les platines extérieures et, après élargissement des platines extérieures, forme une tôle intérieure traversant le corps creux.

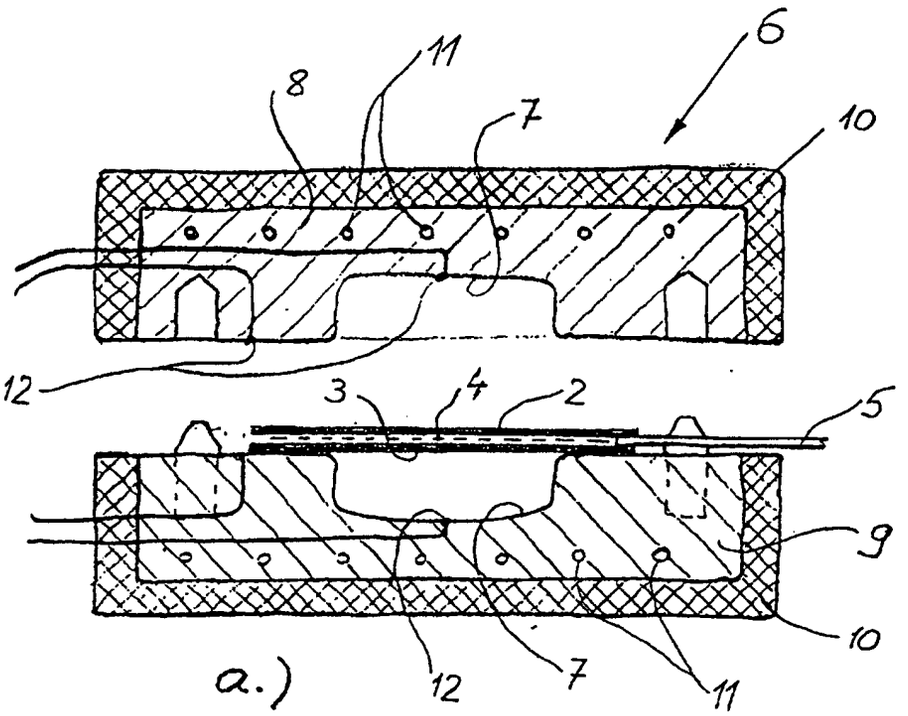
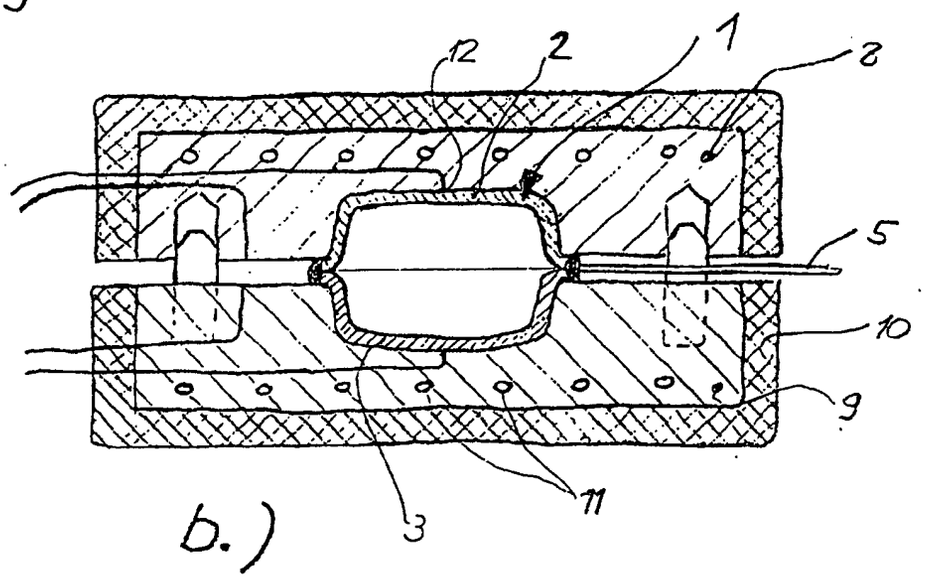
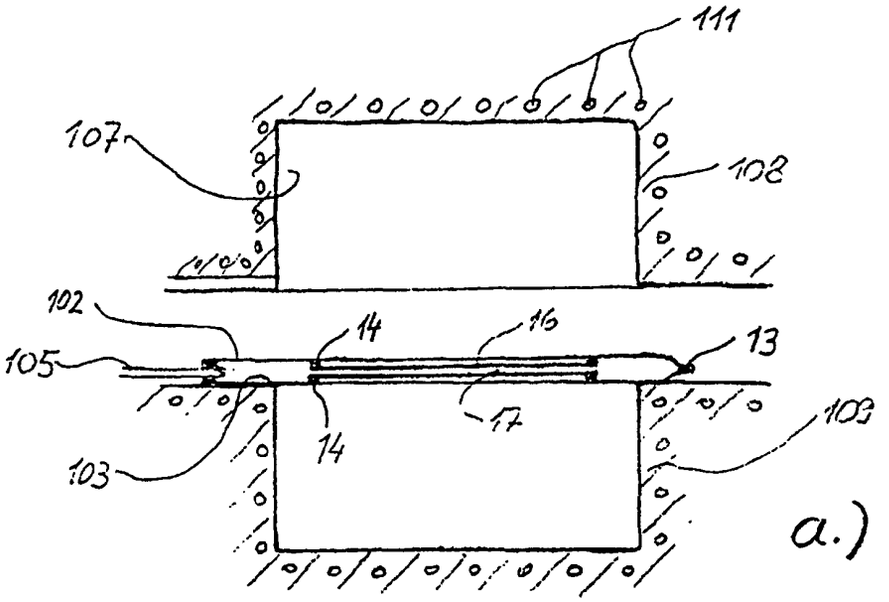


Fig. 1




111
107
108
102
14
16
13
105
17
14
103
103
a.)

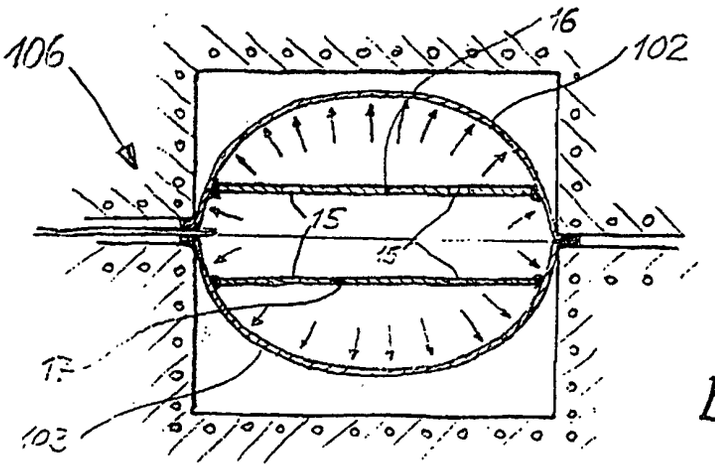
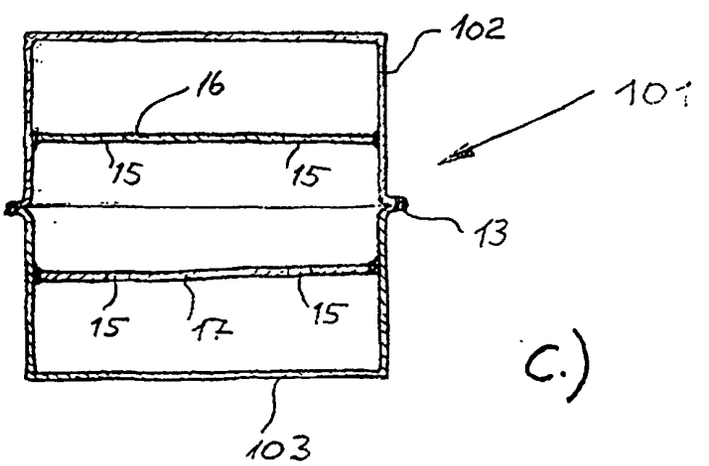

16
106
102
15
15
17
103
b.)

Fig.2


102
16
101
15
15
13
15
17
15
c.)
103