



(10) **AT 513366 B1 2017-06-15**

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50368/2012
(22) Anmeldetag: 10.09.2012
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2017

(51) Int. Cl.: **B21C 23/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP 2001001042 A

(73) Patentinhaber:
AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
GMBH
1220 WIEN (AT)

(74) Vertreter:
Wirnsberger Gernot Dipl.Ing. Dr.
8700 Leoben (AT)

(54) **Werkzeug zum Verformen eines metallischen Gegenstandes unter hohem Druck**

(57) Die Erfindung betrifft ein Werkzeug (1) zum Verformen eines metallischen Gegenstandes unter hohem Druck, aufweisend zumindest einen Kanal (2), der an zumindest einer Stelle (3) abgewinkelt ist, und Kanalöffnungen (4, 5), durch welche der Gegenstand in den Kanal einführbar bzw. aus diesem führbar ist, wobei der Kanal (2) durch mehrere lösbar aneinander anliegende Werkzeugteile (6, 7) führt, wobei die Werkzeugteile (6, 7) in Anlagebereichen um den Kanal (2) herum aneinander anliegen und in den übrigen Bereichen zumindest teilweise voneinander beabstandet sind. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Anlagebereiche (9) der Werkzeugteile (6, 7) im Bereich des Kanals (2) diesen im Wesentlichen vollständig umschließen.

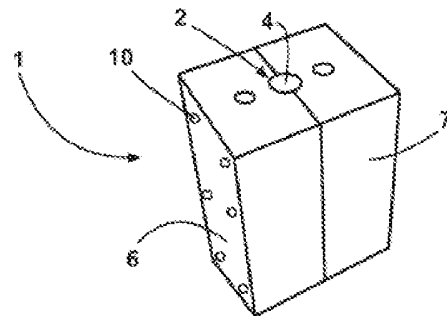


Fig. 1

Beschreibung

WERKZEUG ZUM VERFORMEN EINES METALLISCHEN GEGENSTANDES UNTER HOHEM DRUCK

[0001] Die Erfindung betrifft ein Werkzeug zum Verformen eines metallischen Gegenstandes unter hohem Druck, aufweisend zumindest einen Kanal, der an zumindest einer Stelle abgewinkelt ist, und Kanalöffnungen, durch welche der Gegenstand in den Kanal einführbar bzw. aus diesem führbar ist, wobei der Kanal durch mehrere lösbar aneinander anliegenden Werkzeugteile führt, wobei die Werkzeugteile in Anlagebereichen um den Kanal herum aneinander anliegen und in übrigen Bereichen zumindest teilweise voneinander beabstandet sind.

[0002] Werkzeuge dieser Art werden vor allem zum Verformen bzw. Umformen von Gegenständen mittels Equal Channel Angular Pressing (ECAP) eingesetzt. Dabei wird ein metallischer Bolzen durch einen abgewinkelten Kanal gepresst, wobei sich durch die massive Verformung ein verbessertes Gefüge des Bolzens ergibt. Da der Kanal abgewinkelt ist, sind hohe Pressdrücke erforderlich, was zu einer hohen Belastung des eingesetzten Werkzeuges führt.

[0003] Bei ECAP-Verfahren sind verschiedene Kanalgeometrien möglich (R. Z. Valiev et al., Progress in Material Science 51 [2006] 881). Um jedoch eine abgewinkelte Kanalstruktur erstellen zu können, ist eine Teilung des Werkzeuges erforderlich, damit die jeweils gewählte abgewinkelte Kanalgeometrie beispielsweise durch spanende Bearbeitung erstellbar ist. Fertigungstechnisch stellen vor allem die erforderlichen, engen Toleranzen eine Herausforderung dar. Eine Teilung erfolgt üblicherweise so, dass die Teilungsebene die Kanalachse einschließt und sich die Kanalgeometrie leicht aus Vollmaterial herausarbeiten lässt. Zu diesem Zweck kann von plattenförmigem Halbzeug ausgegangen werden, aus dem die zwei Hälften der Kanalgeometrie herausgearbeitet werden. Anschließend werden die zwei Platten lösbar miteinander verbunden, um so das Werkzeug zu bilden. Eine zweite Möglichkeit der Teilung ist eine Teilung senkrecht zu der Kanalachse eines Kanals. Dies ist möglich, wenn der erforderliche Knick in einem Werkzeugteil durch Fräsen eingebracht werden kann, was bei kleinen Dimensionen des Werkzeuges und bis zu bestimmten Längen eines abgewinkelten Bereiches möglich ist.

[0004] Da bei einem ECAP-Verfahren im Kanal hohe Drücke auftreten, müssen die lösbar miteinander verbundenen Werkzeugteile, die den Kanal bilden, entsprechend fest aneinander anliegen. Insbesondere darf es in jenen Bereichen, in welchen sich die zwei Hälften der Kanalstruktur berühren, zu keiner Spaltbildung kommen. Eine Spaltbildung hat zur Folge, dass Schmiermittel, welches auch bei leicht verformbaren Metallen erforderlich ist, oder sogar das zu pressende Material austreten kann. Weitere Folge ist dann, dass eine fortschreitende Pressung quasi trocken erfolgt, was noch höhere Presskräfte erfordert. Bei schwer verformbaren Materialien kann es sogar vorkommen, dass eine weitere Verformung nicht möglich ist.

[0005] Ein anderer Nachteil, der sich aus einer Spaltbildung ergeben kann, nämlich bei einer vertikalen Werkzeugteilung, liegt in der Bildung eines Grates am verformten Gegenstand bzw. Bolzen. Auch wenn eine Pressung möglich ist und sich dabei ein gewünschtes Gefüge einstellt, ist eine derartige Gratbildung außerordentlich nachteilig, da der Grat anschließend durch Bearbeitung wieder entfernt werden muss. Dies bedeutet einen zusätzlichen kostenintensiven Schritt, der zudem Materialabfall mit sich bringt.

[0006] Aus der JP 2001001 A ist ein ECAP-Werkzeug bekannt geworden, das mehrteilig aufgebaut ist, wobei die Werkzeugteile einen Kanal umgeben, jedoch mit Abstand hierzu teilweise, aber nicht entlang des gesamten Kanals freigestellt sind, sodass die vorstehenden Probleme auftreten können.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Werkzeug der eingangs genannten Art bereitzustellen, insbesondere ein ECAP-Werkzeug, bei dem die vorstehend erläuterten Nachteile beseitigt oder zumindest verringert sind.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Werkzeug der eingangs genannten Art gelöst, wenn die Anlagebereiche der Werkzeugteile im Bereich des Kanals diesen im Wesentlichen vollständig umschließen.

[0009] Die Erfindung macht sich die Erkenntnis zunutze, dass eine Spaltbildung bei den gegebenen Drücken bei einem ECAP-Verfahren dann auftritt, wenn eine Flächenpressung zu gering ist. Ist aber vorgesehen, dass die Werkzeugteile in Anlagebereichen bloß um den Kanal herum aneinander anliegen, in übrigen Bereichen aber zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, voneinander beabstandet sind, ergibt sich auch bei Anwendung herkömmlicher Press- oder Spannkraften, beispielsweise durch Schrauben, eine ausreichend hohe Flächenpressung, um eine Spaltbildung zu vermeiden. Gleichzeitig kann das Werkzeug aufgrund der Lösbarkeit der Werkzeugteile auseinandergenommen werden, sodass der Kanal beispielsweise zur Reinigung, Inspektion oder bei Verklemmen eines Gegenstandes im Kanal grundsätzlich jederzeit zugänglich ist.

[0010] Die Anlagebereiche der Werkzeugteile umschließen im Bereich des Kanals diesen im Wesentlichen vollständig. Je besser der Kanal durch aneinander anliegende Anlagebereiche umschlossen ist, umso eher kann bei Durchpressen eines Gegenstandes eine Spaltbildung vermieden werden. Dies wird besonders effektiv erreicht, wenn die Anlagebereiche, die unmittelbar an die Verbindungslinien der gebildeten Kanalgeometrie anschließen, den Kanal vollständig umgeben. Die hohe Flächenpressung zwischen den zwei Werkzeugteilen braucht lediglich im Bereich um den Kanal herum vorzuliegen und eine Freistellung in den übrigen Bereichen stört nicht.

[0011] Bevorzugt werden die Anlagebereiche der Werkzeugteile so ausgelegt, dass eine Flächenpressung der Werkzeugteile über dem hydrostatischen Druck im Werkzeug liegt und daher mehr als 300 MPa, bevorzugt mehr als 500 MPa, beträgt. Eine exakte Einstellung kann einerseits über die Größe der Anlagebereiche und andererseits über eine Press- bzw. Spannkraft, mit welcher die Werkzeugteile aneinander gepresst werden, eingestellt werden. Eine Flächenpressung von 300 MPa oder mehr, bevorzugt 500 MPa oder mehr, ist deswegen vorteilhaft, weil der Maximalwert des hydrostatischen Druckes im Kanal dann niedriger ist, wenn man einen hydrostatischen Druck des Schmiermittels im Kanal mit stark vereinfachenden Annahmen berechnet. Werden z. B. hochfeste Stähle eingesetzt, kann die Flächenpressung durchaus mehr als 2000 MPa betragen. Die benötigten Flächenpressungen bzw. Drücke können allgemein flexibel der Belastungsgrenze des eingesetzten Materials angepasst werden.

[0012] In jenen Bereichen, in welchen die Werkzeugteile nicht aneinander anliegen, können diese beliebig weit voneinander beabstandet sein. Da in der Regel das Werkzeug aus zwei gleichwertigen und gleich dimensionierten Platten oder Blöcken aus Vollmaterial hergestellt wird und die erforderliche Freistellung insbesondere durch spanabhebende Verfahren herzustellen ist, ist ein Maximalabstand von 0,25 mm, bevorzugt 0,15 mm, aus wirtschaftlicher Sicht praktikabel. Mit der entsprechenden Freistellung lassen sich die gewünschten Effekte erreichen, ohne dass allzu viel Material abzutragen ist. Auf der anderen Seite ist eine gewisse Mindestfreistellung gewünscht, damit die Platten bei Aufbringen einer hohen Press- bzw. Spannkraft zumindest nicht vollständig in den an sich freizustellenden übrigen Bereichen zur Anlage kommen, wodurch sich die Press- bzw. Spannkraft auf eine größere Fläche beziehen würde und somit insbesondere um den Kanal herum nicht den gewünschten hohen Wert erreicht. Diesbezüglich haben sich Mindestabstände von 0,02 mm, insbesondere 0,05 mm, als günstig erwiesen.

[0013] Die vorstehenden Maße beziehen sich auf eine Freistellung im unverbauten Zustand bzw. ohne Aufbringung einer Press- bzw. Spannkraft. Wenngleich ein Spalt bzw. eine Freistellung im Einsatz ideal ist, kann es insbesondere aber auch bei besonders hohen Press- bzw. Spannkraften zu einer Komprimierung der Stege im Anlagebereich kommen, sodass sich die Werkzeugteile auch in den übrigen Bereichen zumindest teilweise berühren. Dies ist jedoch nicht völlig nachteilig, sondern kann im Einzelfall auch gewünscht sein. Eine Überbelastung (z. B. durch zu fest angezogene Schrauben) kann dann ebenso vermieden werden wie ein größeres Verklimmen der Werkzeugteile zueinander. Darüber hinaus kann eine gezielte Berührung in

den übrigen Bereichen im Einsatz bzw. nach Aufbringen einer Press- bzw. Spannkraft gewünscht sein, um eine Wärmeleitung zwischen den Werkzeugteilen zu verbessern.

[0014] Die Werkzeugteile, in der Regel zwei, können mit einem oder mehreren Spann- und/oder Befestigungsmitteln miteinander verbunden sein. Eine einfache Variante ist durch die Anwendung von mehreren Schrauben gegeben, die mit Vorteil im Bereich der übrigen Bereiche angreifen oder positioniert sind, was auch gilt, wenn andere Spann- und/oder Befestigungsmittel vorgesehen sind. Es ist aber auch möglich, die einzelnen Werkzeugteile durch eine Hydraulik aneinander anzupressen. Die erforderliche Anpresskraft ist dabei wiederum in Bezug auf eine Flächenpressung ausgelegt, die in den Anlagebereichen wie erwähnt mehr als 500 MPa betragen soll.

[0015] Eine besonders einfache Ausbildung des Werkzeuges wird erreicht, wenn die Werkzeugteile durch Platten oder Blöcke gebildet sind. Da insbesondere weichere Metalle wie Kupfer oder Aluminium, aber auch Titan sowie deren Legierungen mittels ECAP umgeformt werden, erweist sich der Einsatz eines Materials mit höherer Festigkeit, insbesondere Stahl, für die Platten als zweckmäßig.

[0016] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich anhand des nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiels. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

[0017] Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Werkzeug, das aus zwei Werkzeugteilen gebildet ist;

[0018] Fig. 2 ein erstes Werkzeugteil in einer Draufsicht;

[0019] Fig. 3 eine stark schematisierte stirnseitige Ansicht eines Werkzeugteils gemäß Fig. 2;

[0020] Fig. 4 eine perspektivische Darstellung des Werkzeugteils gemäß Fig. 2 und 3;

[0021] Fig. 5 eine weitere Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Werkzeuges.

[0022] In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes Werkzeug 1 dargestellt, das für ECAP-Verfahren ausgelegt ist. Das Werkzeug 1 ist aus zwei Werkzeugteilen 6, 7 gebildet, die mit Spann- und/oder Befestigungsmitteln 10, im gegenständlichen Fall Schrauben, aneinander anliegend lösbar befestigt sind. Der im Inneren des Werkzeuges 1 verlaufende Kanal 2 ist durch eine erste Kanalöffnung 4 von oben zugänglich. Aufgrund des seitlichen Verlaufs endet eine zweite Kanalöffnung 5, welche in Fig. 1 verdeckt ist, an einer hinteren Seite des Werkzeuges 1.

[0023] Anhand der Fig. 2 bis 4 sind die einzelnen Werkzeugteile 6, 7 näher erläutert. Die Werkzeugteile 6, 7 sind jeweils aus einem Metall, insbesondere Stahl, gefertigt. Dabei wird in der Regel von plattenförmigem Vollmaterial ausgegangen, in welches zunächst in eine Platte bzw. einen Block eine erste Hälfte des Kanals 2 eingebracht wird, insbesondere durch spanabhebende Bearbeitung. Der Kanal 2 ist dabei zumindest an einer Stelle 3 abgewinkelt. Anschließend werden die dargestellten sechs Bohrungslöcher 11, gegebenenfalls mit Gewinde, für die später darin anzuordnenden Schrauben eingebracht. Als weiterer Arbeitsschritt, der grundsätzlich auch vor dem Einbringen der Bohrungen und/oder der Einbringung der Kanalstruktur durchgeführt werden kann, ist die Ausarbeitung einer Freistellung außerhalb von Anlagebereichen 9 vorgesehen, die in Fig. 2 punktiert dargestellt sind. Die Freistellung erfolgt in den übrigen Bereichen 8 bevorzugt vollflächig, obwohl je nach Anwendungsfall auch bloß ein Teilbereich der übrigen Bereiche 8 freigestellt werden kann. Die Ausarbeitung der Freistellung erfolgt bevorzugt ebenfalls durch spanabhebende Bearbeitung, indem einfach ein Teil der Oberfläche des platten- oder blockförmigen Materials in den an die Anlagebereiche 9 anschließenden Sektor abgenommen wird. Die Freistellung beträgt tiefenmäßig bevorzugt 0,02 bis 0,25 mm, ist also gering und nur in der stark schematisierten Darstellung in Fig. 3 ersichtlich. In der Praxis haben sich Werte von etwa 0,08 bis 0,12 mm als besonders vorteilhaft erwiesen, um welche die übrigen Bereiche 8 gegenüber den Anlagebereichen 9 abgesenkt sind. Wenngleich in diesem Ausführungsbeispiel die freigestellte Fläche eine Ebene darstellt, kann die freigestellte Fläche auch geknickt sein oder eine andere Struktur aufweisen, die von einer Ebene abweicht. Zweckmäßig ist es auch z. B. durch Bohren einen weiteren Kanal 12 einzubringen, der nicht

zum Pressen von Gegenständen dient, aber beispielsweise für Kühl- und/oder Heizzwecke nutzbar ist.

[0024] Das zweite Werkzeugteil 7 wird analog wie das erste Werkzeugteil 6 und komplementär zu diesem hergestellt. Sind im ersten Werkzeugteil 6 keine Innengewinde in den Bohrungen vorgesehen, sind diese im zweiten Werkzeugteil 7 vorzusehen. Möglich ist auch eine durchgehende Ausbildung der Bohrungen, wenn Schrauben mit Muttern befestigt werden. Die Ausbildung von Anlagebereichen 9 und Freistellungen in den übrigen Bereichen 8 erfolgt ebenfalls analog. Dadurch ist eine Symmetrie parallel zu einer Anlageebene der zwei Werkzeugteile 6, 7 gegeben, was sich insbesondere in Bezug auf Kühlung/Heizung und damit ein ECAP-Verfahren insgesamt als günstig erweisen kann. Es kann aber auch alternativ vorgesehen sein, dass eine Freistellung lediglich in einem der zwei Werkzeugteile 6, 7 erfolgt. Auch in diesem Fall liegen die zwei Werkzeugteile 6, 7 nur in den Anlagebereichen 9 aneinander an.

[0025] Zum Einsatz werden die zwei Werkzeugteile 6, 7 aneinander angelegt und durch Einführen von Schrauben durch die Bohrungen miteinander lösbar verbunden. Die Schrauben werden gespannt, bis im Bereich der Anlagebereiche 9 eine Presskraft von 500 MPa oder mehr erreicht ist. Dadurch ist im Einsatz sichergestellt, dass bei Durchpressen eines Bolzens oder eines anderen metallischen Gegenstandes durch das Werkzeug 1 dasselbe in den Berührungsbereichen der beiden Hälften des Kanals 2 dicht bleibt und insbesondere kein Schmiermittel austreten kann, aber auch keine Gratbildung am Bolzen bzw. Gegenstand gegeben ist.

[0026] Es versteht sich, dass das Werkzeug 1 noch weitere Komponenten umfasst, die zum Durchpressen eines Gegenstandes durch den Kanal 2 erforderlich sind, insbesondere ein Mittel zum Aufbringen eines entsprechenden Druckes auf den Gegenstand, beispielsweise eine Kolben-Zylinder-Einheit. Darüber hinaus kann auch ein zweites Mittel zur Druckaufbringung vorgesehen sein, das über die Kanalöffnung 5 am unteren Ende des Kanals 2 in das Werkzeug 1 eingreift, damit während des Pressens des Gegenstandes ein Gegendruck aufgebracht werden kann. Dies erweist sich bei ECAP-Verfahren teilweise als günstig.

[0027] Wenngleich sich das vorstehend erläuterte Ausführungsbeispiel auf ein Werkzeug 1 mit einem im Querschnitt runden Kanal 2 bezieht, können auch im Querschnitt andere Kanalgeometrien vorgesehen sein. Der Kanal 2 kann z. B. im Querschnitt mit zumindest einer ebenen Begrenzungsfläche ausgebildet sein. Möglich sind beispielsweise rechteckige oder quadratische Querschnitte. Bei solchen Querschnitten kann eines der Werkzeugteile 6, 7 bzw. eine Platte oder ein Block im Anlagebereich 9 flach ausgebildet sein, wenn die das erste Werkzeugteil 6 bzw. die Platte gleichzeitig eine Begrenzungsfläche des Kanals 2 definiert. Dadurch ergibt sich insbesondere dann eine günstige Ausführungsvariante, wenn eine Freistellung nur am zweiten Werkzeugteil 7 angebracht wird. Das erste Werkzeugteil 6 braucht dann nicht gesondert bearbeitet zu werden, weder für den Kanal 2 noch für die Freistellung.

[0028] In Fig. 5 ist eine weitere Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Werkzeuges 1 dargestellt. In dieser Variante umfasst das Werkzeug 1 wiederum zwei Werkzeugteile 6, 7, wobei der angedeutete Kanal 2 durch diese führt. Der Kanal 2 weist im zweiten Werkzeugteil 7 einen Knick auf, der durch Fräsen eingebracht sein kann. Im Unterschied zur ersten Ausführungsvariante gemäß Fig. 1 bis 4 ist der Kanal 2 nur im Bereich der horizontalen Teilung des Werkzeuges 1 dicht zu halten, was wiederum durch eine geeignete Freistellung in den übrigen Bereichen 8 sowie eine Verbindung in den Anlagebereichen 9 erreicht wird.

Patentansprüche

1. Werkzeug (1) zum Verformen eines metallischen Gegenstandes unter hohem Druck, aufweisend zumindest einen Kanal (2), der an zumindest einer Stelle (3) abgewinkelt ist, und Kanalöffnungen (4, 5), durch welche der Gegenstand in den Kanal (2) einführbar bzw. aus diesem führbar ist, wobei der Kanal (2) durch mehrere lösbar aneinander anliegende Werkzeugteile (6, 7) führt, wobei die Werkzeugteile (6, 7) in Anlagebereichen (9) um den Kanal (2) herum aneinander anliegen und in übrigen Bereichen (8) zumindest teilweise voneinander beabstandet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anlagebereiche (9) der Werkzeugteile (6, 7) im Bereich des Kanals (2) diesen im Wesentlichen vollständig umschließen.
2. Werkzeug (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Anlagebereichen (9) eine Flächenpressung der Werkzeugteile (6, 7) mehr als 300 MPa, bevorzugt mehr als 500 MPa, beträgt.
3. Werkzeug (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werkzeugteile (6, 7) in den übrigen Bereichen (8) zwischen 0,02 und 0,25 mm, insbesondere 0,05 und 0,15 mm, voneinander beabstandet sind.
4. Werkzeug (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werkzeugteile (6, 7) mit einem oder mehreren Spann- und/oder Befestigungsmitteln (10) miteinander verbunden sind.
5. Werkzeug (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das oder die Spann- und/oder Befestigungsmittel (10) im Bereich der übrigen Bereiche (8) angreifen oder positioniert sind.
6. Werkzeug (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werkzeugteile (6, 7) durch Platten oder Blöcke gebildet sind.
7. Werkzeug (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten aus einem Stahl bestehen.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

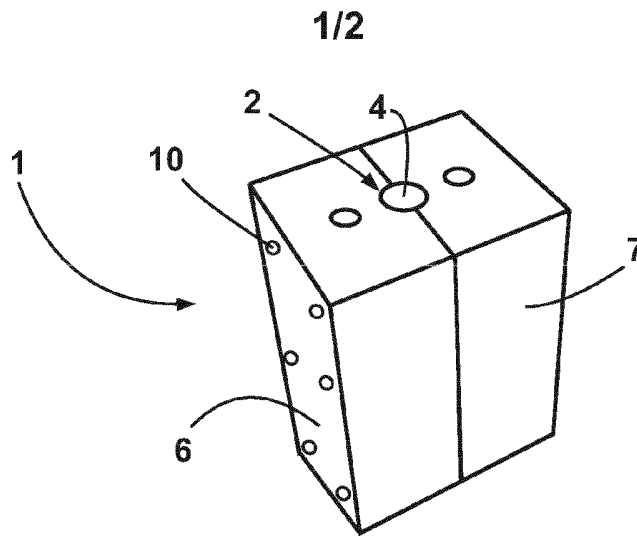


Fig. 1

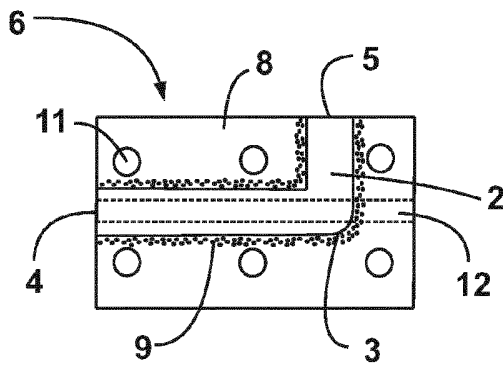


Fig. 2

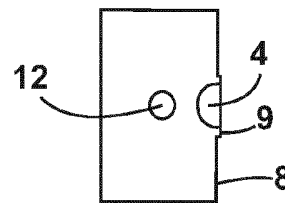


Fig. 3

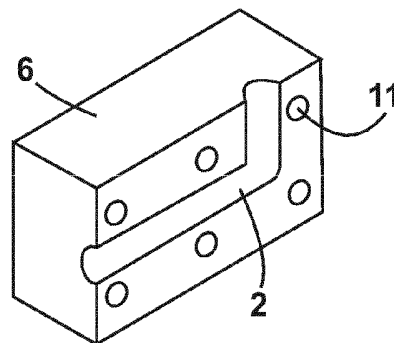


Fig. 4

2/2

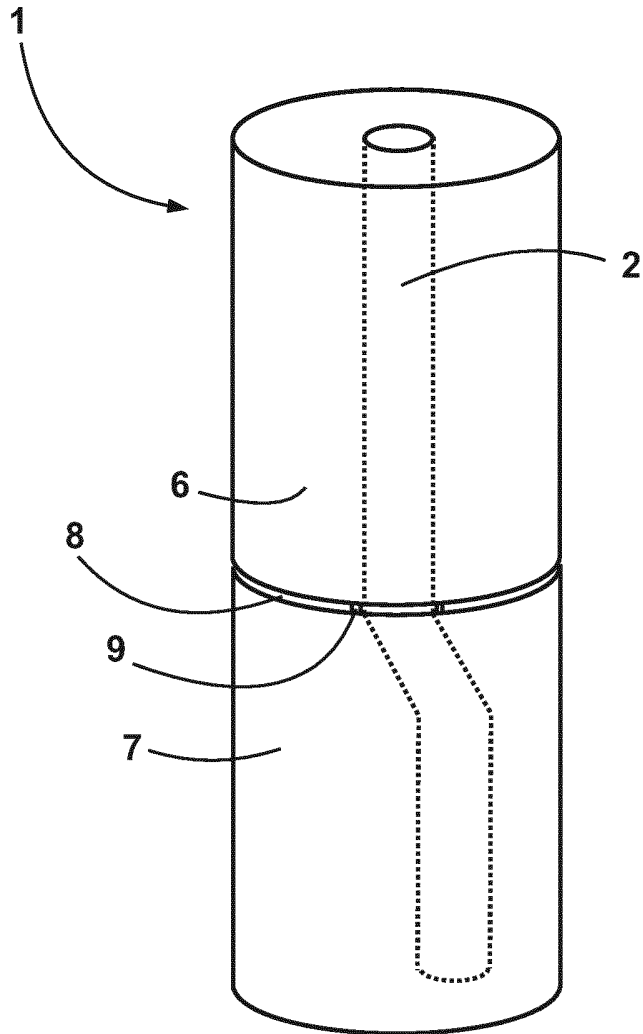


Fig. 5