



(11)

EP 3 241 625 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
01.07.2020 Patentblatt 2020/27

(51) Int Cl.:
B21C 23/00 (2006.01) B21C 25/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16168592.0**

(22) Anmeldetag: **06.05.2016**

**(54) VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM PLASTISCHEN UMFORMEN EINES WERKSTÜCKES
AUS METALL ODER EINER METALLLEGIERUNG MITTELS ECAP**

DEVICE AND METHOD FOR PLASTIC DEFORMATION OF A WORKPIECE MADE OF METAL OR
A METAL ALLOY, USING ECAP

DISPOSITIF ET PROCEDE DE TRANSFORMATION PLASTIQUE D'UNE PIECE USINEE
METALLIQUE OU EN ALLIAGE METALLIQUE AU MOYEN D'ECAP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.11.2017 Patentblatt 2017/45

(73) Patentinhaber: **AIT Austrian Institute of
Technology GmbH
1210 Wien (AT)**

(72) Erfinder:
• **KRYSTIAN, Maciej
1210 Wien (AT)**

• **MINGLER, Bernhard
1110 Wien (AT)**

(74) Vertreter: **Wirnsberger, Gernot
Wirnsberger & Lerchbaum Patentanwälte OG
Mühlgasse 3
8700 Leoben (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 1 972 391 WO-A1-2005/039792
WO-A1-2012/071600 WO-A1-2016/145368**

EP 3 241 625 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum plastischen Umformen eines Werkstückes aus Metall oder einer Metalllegierung mittels ECAP, umfassend mehr als zwei Kanäle. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum plastischen Umformen eines Werkstückes aus Metall oder einer Metalllegierung mittels ECAP, wobei das Werkstück ein- oder mehrmals durch eine Vorrichtung mit mehr als zwei Kanälen gepresst wird.

[0002] Die WO 2005/039792 A1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art bzw. die Basis für die Oberbegriffe der Ansprüche 1 und 3.

[0003] Vorrichtungen zum plastischen Umformen eines Werkstückes, insbesondere aus einer Metalllegierung, mittels equal channel angular pressing (ECAP) sind aus dem Stand der Technik bekannt. Bekannte Vorrichtungen umfassen üblicherweise zwei Kanäle, wobei zwischen den Kanälen ein sogenannter Umformknick ausgebildet ist. Solche Vorrichtungen bzw. Verfahren eignen sich im Allgemeinen zum Umformen eines Werkstückes aus einer Metalllegierung wie einer Magnesiumlegierung, wobei in der Regel gute mechanische Kennwerte erzielt werden.

[0004] Bestimmte Magnesiumlegierungen werden beispielsweise zur Ausbildung von bioresorbierbaren Stents oder Osteosynthesekomponenten verwendet. Eine Magnesiumlegierung muss dabei mehrere Anforderungen erfüllen, um als Material für solche medizinische Implantate verwendet werden zu können. Neben einer hohen Biokompatibilität und einer niedrigen bzw. einer Anwendung angepassten Zersetzungsrates muss eine solche Legierung auch sehr gute mechanische Eigenschaften aufweisen, wie beispielsweise eine hohe Festigkeit. Bekannte ECAP-Vorrichtungen eignen sich zum Umformen eines Werkstückes aus einer Magnesiumlegierung für derartige Anwendungen, allerdings sind noch bessere mechanische Eigenschaften erwünscht.

[0005] ECAP-Vorrichtungen sowie Verfahren zum plastischen Umformen eines Werkstückes aus einem Metall oder einer Metalllegierung sind beispielsweise aus dem Artikel *Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement* (R. Z. Valiev, T. G. Langedon, Progr. Mat. Sci. 51 (2006) 881) bekannt.

[0006] Die RU 2 181 314 C2 offenbart eine Vorrichtung zum plastischen Umformen eines Werkstückes aus Metall. Die Vorrichtung umfasst zur Herstellung eines Werkstückes mit hoher Festigkeit drei Kanäle, wobei ein Eingangskanal und ein Ausgangskanal parallel zueinander angeordnet sind. Allerdings scheint auch mit dieser Vorrichtung kein Werkstück mit gewünschten mechanischen Eigenschaften herstellbar zu sein.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit welcher insbesondere ein Werkstück aus einer Magnesiumlegierung effektiv und effizient umformbar ist.

[0008] Weiter ist es ein Ziel, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem ein Werkstück aus insbesondere einer Magnesiumlegierung unter Erreichung einer hohen Festigkeit umgeformt werden kann.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Vorrichtung des Anspruchs 1 und das Verfahren des Anspruchs 3 gelöst.

[0010] Ein mit der Erfindung erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass durch die Vorrichtung ein Werkstück aus Metall oder einer Metalllegierung, insbesondere aus einer Magnesiumlegierung, mit stark verbesserten mechanischen Eigenschaften herstellbar ist. Hierfür ist vorgesehen, dass sich verlängerte Längsachsen des Eingangskanals und des Ausgangskanals etwa unter einem rechten Winkel schneiden. Insbesondere ist ein Werkstück mit einer hohen Festigkeit herstellbar, wobei dieses bevorzugt mehrmals durch die Vorrichtung gepresst wird. Ein Umformen des Werkstückes umfasst somit ein mehrmaliges Durchpressen des Werkstückes durch die Vorrichtung. Im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Umformvorrichtungen ist mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Werkstück mit höherer Festigkeit erzeugbar, welches nach weiterer Bearbeitung z. B. als medizinisches Implantat verwendbar ist. Insbesondere ist dabei eine Anzahl der Pressvorgänge durch die Vorrichtung zur Erzeugung einer vorgegebenen Festigkeit herabgesetzt. Darüber hinaus ist auch eine maximal erreichbare Festigkeit des Werkstückes höher als durch plastisches Umformen mit einer aus dem Stand der Technik bekannten ECAP-Vorrichtung.

[0011] Es ist von Vorteil, wenn zumindest ein weiterer Kanal vorgesehen ist, wobei der Eingangskanal und der Ausgangskanal durch den zumindest einen weiteren Kanal miteinander verbunden sind. Die Vorrichtung ist somit für eine zweifache Umformung pro Pressvorgang ausgebildet. Das Werkstück wird zum Umformen desselben bevorzugt mehrmals durch die Vorrichtung gepresst. Es können auch mehrere Kanäle zwischen dem Eingangskanal und dem Ausgangskanal angeordnet sein. Dabei ist stets vorgesehen, dass der Eingangskanal etwa senkrecht zum Ausgangskanal ausgerichtet ist.

[0012] Erfindungsgemäß sind jeweils zwei Kanäle einen Umformknick ausbildend zueinander angeordnet sind. Winkel von aufeinanderfolgenden Umformknicken können gleich oder unterschiedlich groß sein. Erfindungsgemäß beträgt ein Winkel eines Umformknicks zwischen dem Eingangskanal und einem an diesen anschließenden weiteren Kanal etwa 90°. Ein Winkel eines Umformknicks zwischen dem weiteren Kanal und dem daran anschließenden Ausgangskanal beträgt etwa 105° bis 135°, insbesondere etwa 115° bis 125°, besonders bevorzugt etwa 120°. Es hat sich herausgestellt, dass eine solche Ausbildung der Vorrichtung besonders günstig ist, um ein Werkstück aus einer Magnesiumlegierung mit einer besonders hohen Festigkeit herzustellen. Darüber hinaus ist ein Werkstück mit einem sehr feinen Korn herstellbar. Sind mehrere Kanäle zwischen dem Ein-

gangskanal und dem Ausgangskanal angeordnet, kann ein Winkel eines Umformknicks zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kanälen jeweils gleich oder unterschiedlich groß sein.

[0013] Erfindungsgemäß ist eine Heizeinrichtung vorgesehen. Die Heizeinrichtung ist dazu ausgebildet, die Vorrichtung und somit das Werkstück auf eine vorbestimmte Temperatur aufzuheizen, wobei diese an der Vorrichtung angeordnet ist. Insbesondere ist mit der Heizeinrichtung eine Temperatur bei jedem Durchpressen eines Werkstückes aus insbesondere einer Magnesiumlegierung durch die Vorrichtung erniedrigbar. So ist die Temperatur beispielsweise bei einem ersten Durchpressen des Werkstückes auf etwa 270 °C bis 380 °C, insbesondere auf etwa 300 °C bis 350 °C, einstellbar, wohingegen diese bei einem letzten Durchpressen auf etwa 190 °C bis 270 °C, insbesondere 220 °C bis 240 °C, einstellbar ist. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Heizvorrichtung die Temperatur bis zum letzten Durchpressen bis auf Raumtemperatur erniedrigt. Zwischen einem ersten und einem letzten Durchpressen des Werkstückes durch die Vorrichtung ist dieses beliebig oft durch dieselbe durchpressbar, wobei eine Temperatur der Heizeinrichtung stetig erniedrigt wird. Allgemein gilt, dass eine erfindungsgemäße Vorrichtung eine niedrigere Temperatur erfordert als bekannte Vorrichtungen, wodurch mit dieser ein Werkstück effektiver plastisch umformbar ist.

[0014] Das weitere Ziel wird erreicht, wenn bei einem Verfahren der eingangs genannten Art das Werkstück durch ein- oder mehrmaliges Durchpressen durch einen Eingangskanal und einen mittelbar an den Eingangskanal anschließenden und etwa senkrecht zu diesem angeordneten Ausgangskanal plastisch umgeformt wird.

[0015] Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass dadurch ein Werkstück mit hoher Festigkeit hergestellt wird. Darüber hinaus wird eine Neigung zur Rissbildung des Werkstückes durch das Durchpressen durch mehrere Kanäle gehemmt. Das Werkstück wird mittels ECAP bzw. equal channel angular pressing plastisch umgeformt. Zwischen dem Eingangskanal und dem Ausgangskanal sind ein oder mehrere weitere Kanäle angeordnet, wobei zwischen jeweils zwei Kanälen ein Umformknick ausgebildet wird. Dadurch wird das Werkstück bei jedem Durchpressen zumindest zweifach umgeformt. Der Ausgangskanal ist stets etwa senkrecht zum Eingangskanal angeordnet.

[0016] Es ist vorteilhaft, wenn das Werkstück vor jedem Einbringen in den Eingangskanal um eine Längsachse desselben gedreht wird. Das Werkstück wird dadurch in ein gleichmäßig festes sowie mit gleichmäßiger Kornfeinheit ausgestattetes Werkstück umgeformt. Darüber hinaus wird eine erreichbare Festigkeit desselben erhöht.

[0017] Günstig ist es, wenn das Werkstück bei jedem Durchpressen durch die Vorrichtung zumindest zweimal umgeformt wird. Dafür wird das Werkstück durch zumindest drei Kanäle gepresst, wobei der Eingangskanal und

der Ausgangskanal stets senkrecht zueinander angeordnet sind. Insbesondere wird das Werkstück durch drei Kanäle gepresst.

[0018] Vorteilhaft ist es, wenn das Werkstück durch mehrere Kanäle gepresst wird, wobei zwischen jeweils zwei Kanälen ein Umformknick vorgesehen ist. Die Umformknicke können gleich oder verschieden große Winkel aufweisen. Beispielsweise können zwei Umformknicke zwischen drei Kanälen vorgesehen sein, wobei erfindungsgemäß ein erster Umformknick einen Winkel von etwa 90°, und ein zweiter Umformknick einen Winkel von etwa 120° aufweist. Bei einer ersten Umformung des Werkstückes wird durch den hohen hydrostatischen Druck aufgrund des Umformknicks von etwa 90° eine Neigung zur Rissbildung im Werkstück gehemmt. Sind mehrere Kanäle zwischen dem Eingangskanal und dem Ausgangskanal angeordnet, kann ein Winkel eines Umformknicks zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kanälen jeweils gleich oder unterschiedlich groß sein.

[0019] Günstig ist es, wenn das Werkstück erwärmt wird, wobei eine Temperatur bei jedem Durchpressen des Werkstückes durch die Vorrichtung erniedrigt wird, um das Werkstück effizient umzuformen. Insbesondere wird das Werkstück mit einer Heizeinrichtung erwärmt. So wird eine Temperatur bei einem ersten Durchpressen eines Werkstückes aus insbesondere einer Magnesiumlegierung auf etwa 270 °C bis 380 °C, insbesondere auf etwa 300 °C bis 350 °C, eingestellt, wohingegen diese bei einem letzten Durchpressen auf etwa 190 °C bis 270 °C, insbesondere 220 °C bis 240 °C, eingestellt wird. Die Temperatur kann bis zum letzten Durchpressen auch bis auf Raumtemperatur erniedrigt werden. Zwischen einem ersten und einem letzten Durchpressen des Werkstückes durch die Vorrichtung wird dieses beliebig oft durch dieselbe gepresst, wobei eine Temperatur der Heizeinrichtung in Pressrichtung sinkt.

[0020] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen ergeben sich aus dem nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiel. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung;

Fig. 2 experimentelle Ergebnisse eines Zugversuches;

Fig. 3 experimentelle Ergebnisse eines Druckversuches;

Fig. 4 weitere experimentelle Ergebnisse eines Zugversuches;

Fig. 5 weitere experimentelle Ergebnisse eines Druckversuches;

Fig. 6 experimentelle Ergebnisse hoher Festigkeiten.

[0021] Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zum plastischen Umformen eines Werkstückes aus Metall oder einer Metalllegierung mittels ECAP. Die Vorrichtung 1 umfasst einen Eingangskanal 2 und einen Ausgangskanal 3, wobei der Eingangskanal 2 und der

Ausgangskanal 3 über einen weiteren Kanal 4 verbunden sind. Der Eingangskanal 2 und der Ausgangskanal 3 bzw. deren Längsachsen sind etwa senkrecht zueinander angeordnet. Zwischen dem Eingangskanal 2 und dem weiteren Kanal 4 ist ein Umformknick mit einem Winkel α von etwa 90° vorgesehen. Weiter ist zwischen dem weiteren Kanal 4 und dem Ausgangskanal 3 ein weiterer Umformknick ausgebildet, wobei dieser Umformknick einen Winkel β von etwa 120° aufweist. Die Vorrichtung 1 ist somit als Doppel-ECAP-Vorrichtung ausgebildet.

[0022] Grundsätzlich kann es auch günstig sein, wenn zwischen dem Eingangskanal 2 und dem Ausgangskanal 3 mehrere weitere Kanäle 4 vorgesehen sind, wobei zwischen jeweils zwei Kanälen 2, 3, 4 ein Umformknick ausgebildet ist.

[0023] In Fig. 2 und 3 sind experimentelle Ergebnisse eines Zugversuches und eines Druckversuches gezeigt. Dabei sind Daten A eines Werkstückes in einem Ausgangszustand, Daten B eines mit einer bekannten ECAP-Vorrichtung umgeformten Werkstückes und Daten C mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 umgeformten Werkstückes miteinander verglichen. Das Werkstück ist aus einer Magnesiumlegierung hergestellt und wird für die Daten B und Daten C jeweils mehrmals durch eine bekannte bzw. erfindungsgemäße Vorrichtung 1 gepresst. Sowohl der Zugversuch gemäß Fig. 2 als auch der Druckversuch gemäß Fig. 3 zeigen, dass das mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 hergestellte Werkstück eine deutlich höhere Festigkeit aufweist. Das Werkstück wird sowohl beim Pressen durch die bekannte Vorrichtung als auch durch die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 erwärmt, wobei eine Temperatur zwischen einem ersten Durchpressen des Werkstückes bis zu einem letzten Durchpressen desselben von 350 °C auf 290 °C erniedrigt wird.

[0024] Entsprechende Daten A, B und C sind in Fig. 4 und 5 gezeigt, wobei wiederum ein aus einer Magnesiumlegierung hergestelltes Werkstück umgeformt bzw. vermessen wird. Die Magnesiumlegierung unterscheidet sich jedoch in deren Zusammensetzung von der Magnesiumlegierung gemäß Fig. 2 und 3. Auch dabei ist ersichtlich, dass das mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 plastisch umgeformte Werkstück eine deutlich höhere Festigkeit aufweist als ein mit einer ECAP-Vorrichtung mit zwei Kanälen hergestelltes Werkstück. Eine Temperatur wird hierbei von 300 °C auf 220 °C erniedrigt, wobei das Werkstück wieder mehrmals durch eine bekannte bzw. erfindungsgemäße Vorrichtung 1 gepresst wird. Die Daten A stammen wiederum aus dem unbehandelten Werkstück.

[0025] Fig. 6 zeigt experimentelle Ergebnisse eines mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 hergestellten Werkstückes 1 aus einer Magnesiumlegierung. Es sind sehr hohe Festigkeiten realisiert. Eine Zugfestigkeit des Werkstückes liegt bei etwa 468 MPa und eine Dehngrenze desselben bei etwa 413 MPa.

[0026] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 bzw. dem erfindungsgemäßen Verfahren ist ein Werkstück

aus einem Metall oder einer Metalllegierung effizient herstellbar, welches eine hohe Festigkeit, ausreichende Duktilität, große Härte, gleichmäßige Kornfeinheit und wenig Neigung zur Rissbildung aufweist. Ein solches Werkstück eignet sich deshalb beispielsweise zur Herstellung eines Stents oder anderer medizinischer Implantate.

10 Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zum plastischen Umformen eines Werkstückes aus Metall oder einer Metalllegierung mittels ECAP, umfassend mehr als zwei Kanäle (2, 3, 4), wobei ein Eingangskanal (2) und ein Ausgangskanal (3) vorgesehen sind, wobei diese mittelbar aneinander anschließen und etwa senkrecht zueinander angeordnet sind, wobei jeweils zwei Kanäle (2, 3, 4) einen Umformknick ausbildend zueinander angeordnet sind, wobei ein an den Eingangskanal (2) anschließender Umformknick einen Winkel von etwa 90° aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein dem Ausgangskanal (3) direkt vorgeordneter Umformknick einen Winkel von etwa 105° bis 135° aufweist und weiter eine Heizeinrichtung vorgesehen ist.
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein weiterer Kanal (4) vorgesehen ist, wobei der Eingangskanal (2) und der Ausgangskanal (3) durch den zumindest einen weiteren Kanal (4) miteinander verbunden sind.
3. Verfahren zum plastischen Umformen eines Werkstückes aus Metall oder einer Metalllegierung mittels ECAP, wobei das Werkstück ein- oder mehrmals durch eine Vorrichtung (1) mit mehr als zwei Kanälen (2, 3, 4) gepresst wird, insbesondere durch eine Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei das Werkstück durch ein- oder mehrmaliges Durchpressen durch einen Eingangskanal (2) und einen mittelbar an den Eingangskanal (2) anschließenden und etwa senkrecht zu diesem angeordneten Ausgangskanal (3) plastisch umgeformt wird, wobei das Werkstück durch einen an den Eingangskanal (2) anschließenden Umformknick mit einem Winkel von etwa 90° und einen dem Ausgangskanal (3) direkt vorgeordneten Umformknick gepresst wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dem Ausgangskanal direkt vorgeordnete Umformknick einen Winkel von etwa 120° aufweist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück vor jedem Einbringen in den Eingangskanal (2) um eine Längsachse desselben gedreht wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass das Werkstück bei jedem Durchpressen durch die Vorrichtung (1) zumindest zweimal umgeformt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück durch mehrere Kanäle (2, 3, 4) gepresst wird, wobei zwischen jeweils zwei Kanälen (2, 3, 4) ein Umformknick vorgesehen ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück erwärmt wird, wobei eine Temperatur bei jedem Durchpressen des Werkstückes durch die Vorrichtung (1) erniedrigt wird.

Claims

1. A device (1) for the plastic deformation of a workpiece produced from metal or a metal alloy by means of ECAP, comprising more than two channels (2, 3, 4), wherein an inlet channel (2) and an outlet channel (3) are provided, wherein these are connected to one another indirectly and are disposed approximately perpendicular to one another, wherein two respective channels (2, 3, 4) are disposed with respect to each other such that these produce a forming bend, wherein a forming bend adjacent to the inlet channel (2) has an angle of approximately 90°, **characterized in that** a forming bend disposed directly upstream of the outlet channel (3) has an angle of approximately 105° to 135° and furthermore a heating device is provided.
2. The device (1) as claimed in claim 1, **characterized in that** at least one additional channel (4) is provided, wherein the inlet channel (2) and the outlet channel (3) are connected to one another by means of the at least one additional channel (4).
3. A method for the plastic deformation of a workpiece produced from metal or a metal alloy by ECAP, wherein the workpiece is pressed once or a plurality of times through a device (1) having more than two channels (2, 3, 4), in particular through a device (1) as claimed in claim 1 or claim 2, wherein the workpiece is plastically deformed by pressing once or a plurality of times through an inlet channel (2) and an outlet channel (3) which is indirectly connected to the inlet channel (2) and is disposed approximately perpendicularly thereto, wherein the workpiece is pressed through a forming bend adjacent to the inlet channel (2) with an angle of approximately 90° and a forming bend disposed directly upstream of the outlet channel (3), **characterized in that** the forming bend disposed directly upstream of the outlet channel has an angle of approximately 120°.

4. The method as claimed in claim 3, **characterized in that**, before each introduction into the inlet channel (2), the workpiece is rotated about a longitudinal axis thereof.

5. The method as claimed in claim 3 or claim 4, **characterized in that** the workpiece is deformed at least twice each time it is pressed through the device (1).

6. The method as claimed in one of claims 3 to 5, **characterized in that** the workpiece is pressed through a plurality of channels (2, 3, 4), wherein a forming bend is provided between two respective channels (2, 3, 4).

7. The method as claimed in one of claims 3 to 6, **characterized in that** the workpiece is heated, wherein a temperature is reduced each time the workpiece is pressed through the device (1).

Revendications

1. Dispositif (1) destiné au façonnage plastique d'une pièce à usiner en métal ou en un alliage métallique par ECAP, comprenant plus de deux canaux (2, 3, 4), un canal d'entrée (2) et un canal de sortie (3) étant prévus, ceux-ci se raccordant indirectement l'un à l'autre et étant placés approximativement à la perpendiculaire l'un de l'autre, chaque fois deux canaux (2, 3, 4) étant placés l'un par rapport à l'autre en formant une inflexion de façonnage, une inflexion de façonnage qui se raccorde sur le canal d'entrée (2) présentant un angle d'environ 90°, **caractérisé en ce qu'**une inflexion de façonnage placée directement en amont du canal de sortie (3) présente un angle d'environ 105° à 135° et **en ce qu'**il est prévu par ailleurs un système de chauffage.
2. Dispositif (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**il est prévu au moins un canal (4) supplémentaire, le canal d'entrée (2) et le canal de sortie (3) étant reliés l'un à l'autre par au moins un canal (4) supplémentaire.
3. Procédé, destiné au façonnage plastique d'une pièce à usiner en métal ou en un alliage métallique par ECAP, la pièce à usiner étant pressée une ou plusieurs fois à travers un dispositif (1) pourvu de plus de deux canaux (2, 3, 4), notamment par un dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, la pièce à usiner étant plastiquement façonnée par une pression unique ou répétée à travers un canal d'entrée (2) et à travers un canal de sortie (3) qui se raccorde indirectement sur le canal d'entrée (2) et qui est placé approximativement à la perpendiculaire de celui-ci, la pièce à usiner étant pressée à travers une inflexion de façonnage qui se raccorde

directement sur le canal d'entrée (2), présentant un angle d'environ 90° et une inflexion de façonnage placée directement en amont du canal de sortie (3), **caractérisé en ce que** l'inflexion de façonnage qui est placée directement en amont du canal de sortie présente un angle d'environ 120°.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'**avant l'introduction dans le canal d'entrée (2), on fait tourner la pièce à usiner autour d'un axe longitudinal de celle-ci.
5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'**à chaque pression à travers le dispositif (1), on façonne la pièce à usiner au moins deux fois.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce qu'**on presse la pièce à usiner à travers plusieurs canaux (2, 3, 4), entre chaque fois deux canaux (2, 3, 4) étant prévue une inflexion de façonnage.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, **caractérisé en ce qu'**on fait chauffer la pièce à usiner, une température étant abaissée à chaque pressage de la pièce à usiner à travers le dispositif (1).

30

35

40

45

50

55

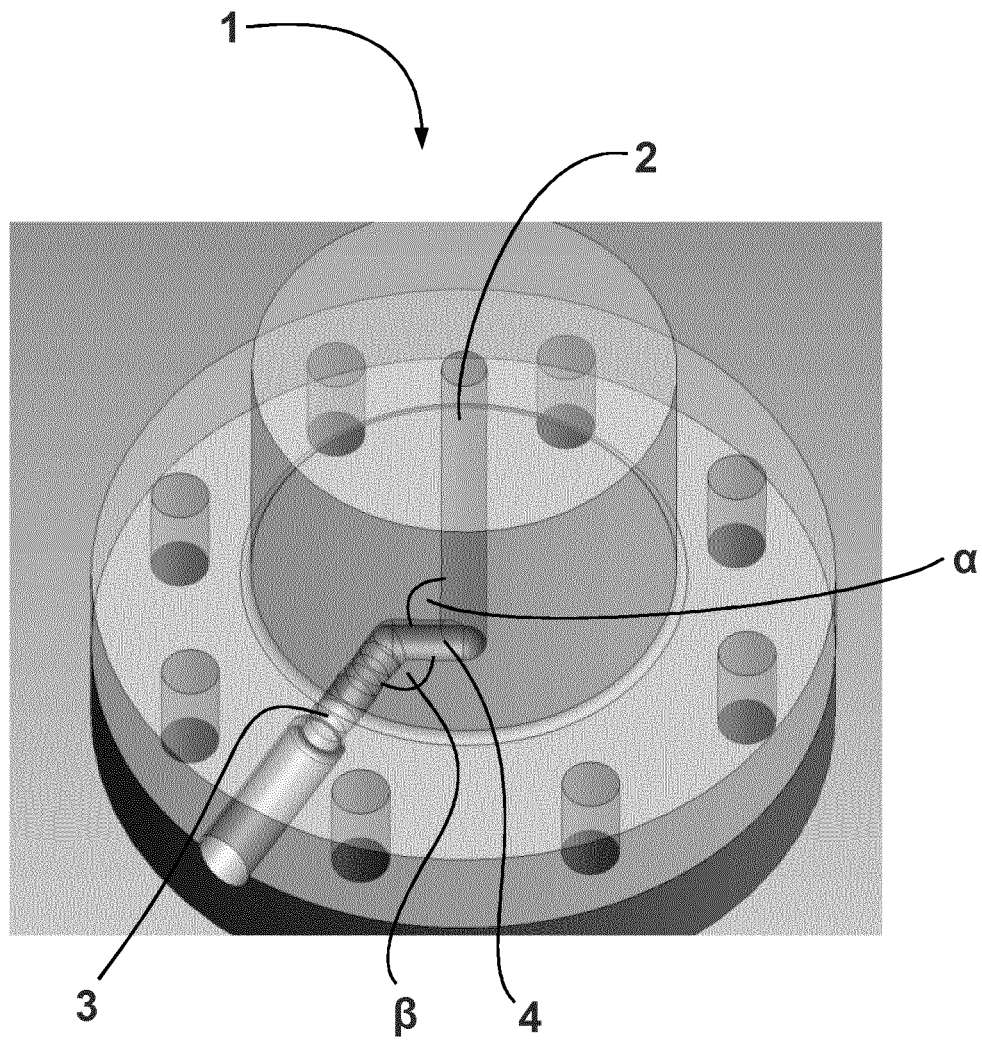


Fig. 1

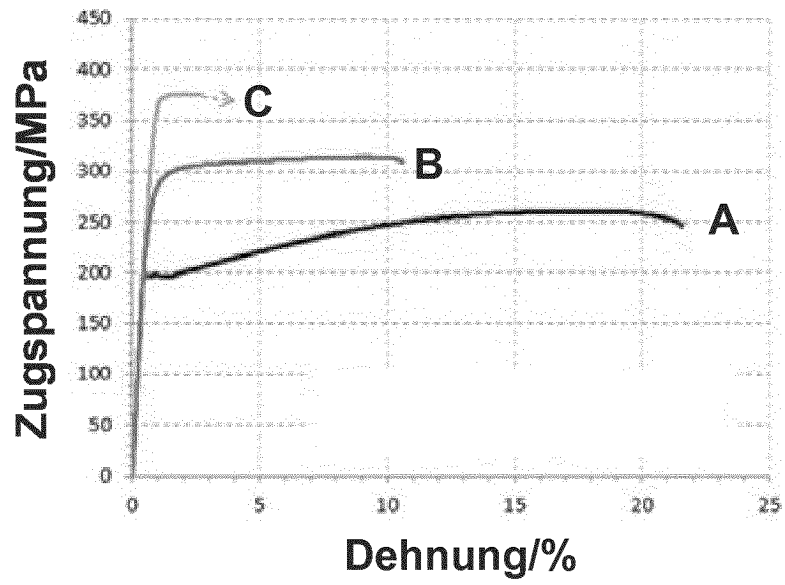


Fig. 2

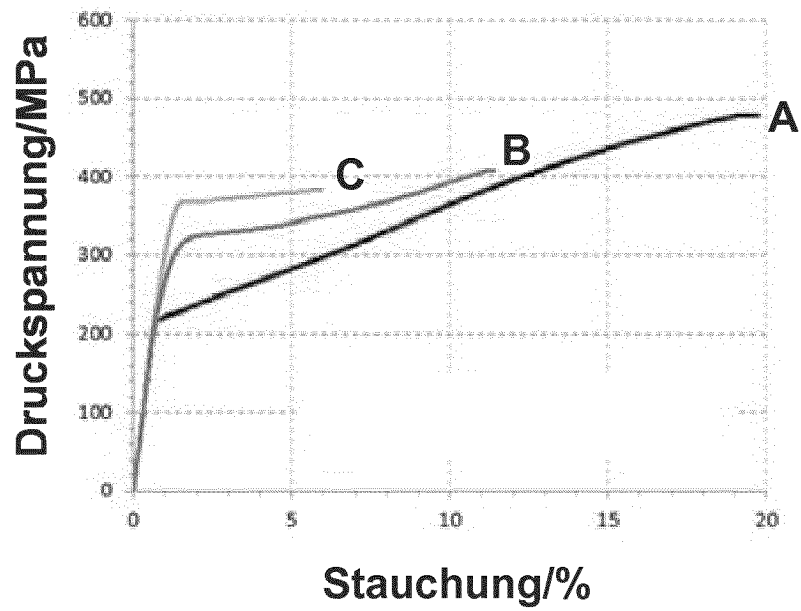


Fig. 3

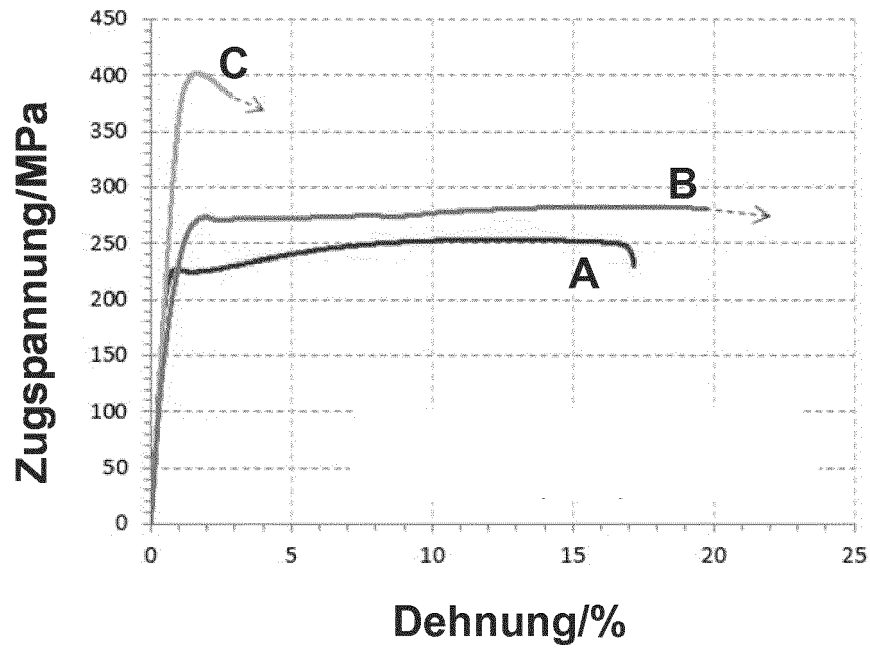


Fig. 4

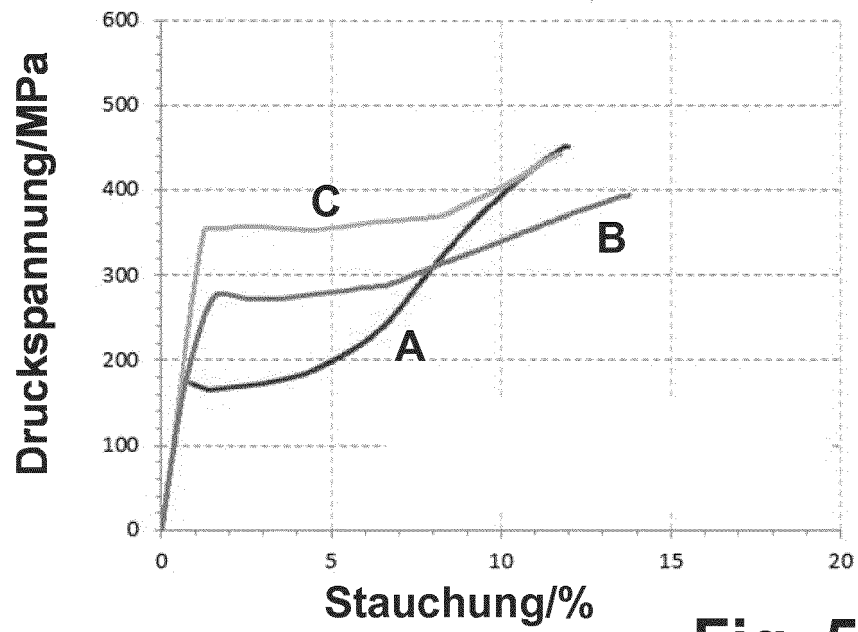


Fig. 5

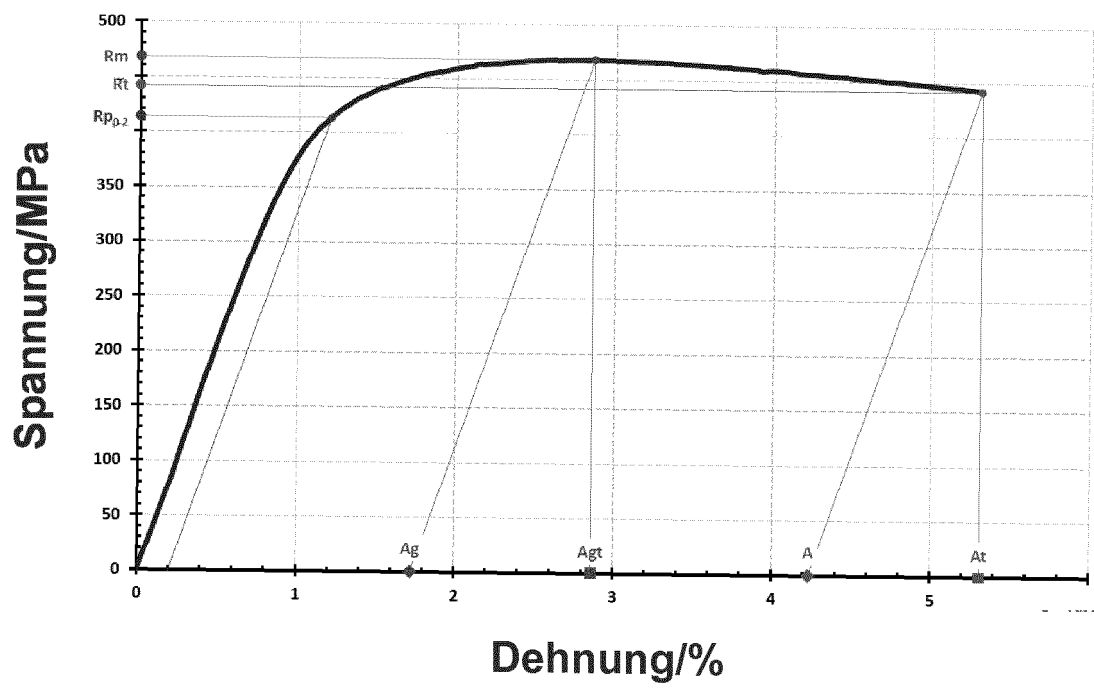


Fig. 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2005039792 A1 [0002]
- RU 2181314 C2 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **R. Z. VALIEV ; T. G. LANGEDON.** *Progr. Mat. Sci.*, 2006, vol. 51, 881 [0005]