



LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung feinkörniger, polykristalliner Werkstoffen oder Werkstücke, bei dem der Werkstoff unter Aufbringung einer Presskraft durch ein Presswerkzeug und unter Scherverformung durch eine Matrize (10) gedrückt und dabei umgelenkt wird, wobei der Werkstoff eine Pressrichtung einnimmt, die von der Richtung der durch das Presswerk ausgeübten Presskraft abweicht. Dabei wird eine mehrfache Umlenkung des Werkstoffes innerhalb der Matrize durchgeführt. Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Matrize (10) für ein Strangpresswerkzeug mit einem den Werkstoff während des Durchdrückens mehrfach umlenkenden Presskanal.

Verfahren zur Herstellung feinkörniger, polykristalliner Werkstoffe oder Werkstücke sowie Matrize dazu

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung feinkörniger, polykristalliner Werkstoffe oder Werkstücke, bei dem der Werkstoff unter Aufbringung einer Presskraft durch ein Presswerkzeug und unter Scherverformung durch eine Matrize gedrückt und dabei umgelenkt wird, wobei der Werkstoff eine Pressrichtung einnimmt, die von der Richtung der durch das Presswerkzeug ausgeübten Presskraft abweicht. Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Matrize für ein Strangpresswerkzeug.

Aus dem Stand der Technik ist das Strangpressen bekannt, das ein Durchdrückverfahren ist, bei dem ein gänzlich von einem Aufnehmer umschlossener Block mit Hilfe von Druckeinwirkung durch eine Matrize gepresst wird. Dabei werden Stränge unterschiedlicher Querschnittsformen insbesondere als Halbzeug hergestellt. Bevorzugte Werkstoffe sind Aluminium- und Kupferlegierungen, alternativ werden auch Stahl oder Titan eingesetzt. Grundsätzlich ist es möglich, sämtliche polykristallinen Werkstoffe strangzupressen. In der Regel wird der Block aus dem Ausgangsmaterial geradlinig von dem Presswerkzeug, beispielsweise einem Stempel oder Dorn, durch die formbildende Matrize gedrückt, um möglichst schnell und einfach das gewünschte Profil zu erhalten.

Weiterhin ist aus dem Stand der Technik ein Verfahren zur Herstellung ultrafeinkörniger, polykristalliner Werkstoffe mit Korngrößen unterhalb 1 μm bekannt, bei dem das Werkstück durch einen winkligen Kanal gedrückt wird. Der Kanal hat einen gleich bleibenden Querschnitt. Der Werkstoff erfährt dabei eine hochgradige plastische Scherverformung. Da der Kanal über die gleichen Eingangs- und Ausgangsdurchmesser verfügt, kann das Verfahren mit dem Werkstück wiederholt werden, so dass in diesem eine extreme Scherdehnung akkumuliert werden kann. Ein solches Verfahren ist unter der Bezeichnung

ECAP (equal channel angular pressing) oder ECAE (equal channel angular extrusion) bekannt.

Die dabei erzielbare, ultrafeinkörnige Mikrostruktur innerhalb des Werkstoffes bzw. Werkstückes führt zu einer deutlichen Verbesserung der mechanischen Eigenschaften derart behandelter Werkstoffe. So kann die Streckgrenze des Werkstoffes deutlich gesteigert werden, je nach Prozessbedingungen und nachfolgender Wärmebehandlung sogar bei gleicher oder besserer Duktilität. In einigen Fällen lassen sich sogar superplastische Eigenschaften einstellen. Die feinere Kornstruktur hat auch einen beschleunigenden Einfluss auf diffusionsabhängige Größen. Es werden nicht nur die Diffusionskinetik, wie etwa beim Plasmanitrieren von Stahl oder der Wasserstoffspeicherung in Mg-Legierungen, sondern auch Ausscheidungsprozesse bei Legierungen beschleunigt.

In der Figur 1 ist der Aufbau einer aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtung zur Kornfeinung gezeigt, mit einem Pressstempel, auf den eine Presskraft ausgeübt wird, die auf eine Probe weitergeleitet wird, die über einen winkelig angeordneten Ausgangskanal scherverformt wird.

Nachteilig an einem solchen Aufbau ist die Tatsache, dass das Werkstück oder der Werkstoff der Pressmatrize entnommen und wiederholt gepresst werden muss, wenn eine höhere Scherverformung erforderlich ist. Aufgrund der diskontinuierlichen Arbeitsweise ist eine industrielle Anwendbarkeit eines solchen Verfahrens nicht möglich. Werden höhere Prozesstemperaturen bei dem herkömmlichen Verfahren erreicht, kann es bei der Probenentnahme zu Rekristallisationsvorgängen innerhalb der Probe kommen, wenn diese nicht schnell genug aus dem Ausgangskanal entfernt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die oben beschriebenen Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren sowie eine Matrize bereitzustellen, mit denen

eine Eigenschaftsverbesserung des Werkstoffes während des Durchdrückverfahrens erzielt wird.

5 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs sowie eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung feinkörniger, polykristalliner Werkstoffe oder Werkstücke, bei dem der Werkstoff unter Aufbringung einer Presskraft durch ein Presswerkzeug und unter Scherverformung durch eine Matrize gedrückt und dabei umgelenkt wird, wobei der Werkstoff eine Pressrichtung einnimmt, die von der Richtung der durch das Presswerkzeug ausgeübten Presskraft abweicht, sieht vor, dass eine mehrfache Umlenkung
15 des Werkstoffes innerhalb der Matrize während eines Pressvorganges durchgeführt wird. Durch die bei einem einmaligen Durchdrück- oder Strangpressvorgang vorgenommene, mehrfache Scherung und Akkumulation der Scherdehnungen innerhalb des Werkstoffes wird bei einem Stangpressvorgang oder einem Durchdrückvorgang eine hochgradige
20 Kornfeinung erzielt, was eine wesentliche Verbesserung bezüglich der Verfahrensdauer und der industriellen Anwendbarkeit darstellt. Ebenfalls wird durch die mehrfache Umlenkung innerhalb der Matrize ein starker Gegendruck in der Matrize erzeugt, so dass der Werkstoff oder der Strang beim Pressen unter einem hohen, hydrostatischen Druck steht, was zu einer homogenen
25 Gefügebildung des verformten Werkstoffes führt.

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass der Werkstoff unter Beibehaltung seines Ursprungsquerschnittes durch die Matrize gedrückt wird. Dies ist insbesondere dann gewünscht, wenn ein Werkstoffstrang ohne
30 besondere Profilierung zur Weiterverarbeitung hergestellt werden soll.

Sofern eine erneute Einspannung des Werkstoffes als Block in einer Strangpressanlage vermieden werden soll, ist vorgesehen, dass der Werkstoff am Matrizenaustritt formgebend umgeformt wird, also bereits als Profil oder Halbzeug fertig bearbeitet wird.

5

Um einen Einfluss auf die Prozesstemperaturen zu haben, kann die Matrize beheizt oder gekühlt werden.

10 Besonders wirkungsvoll und einfach hat sich die Akkumulation der Scherdehnungen ergeben, wenn der Werkstoff mehrfach, also zwei- oder mehrmalig rechtwinklig umgelenkt wird. Die Umlenkrichtungen können dabei so gewählt werden, dass eine möglichst gleichmäßige Kornfeinung innerhalb der Werkstoffes oder Werkstückes auftritt, beispielsweise durch eine im Raum angeordnete, dreidimensionale Mäanderstruktur.

15

Die erfindungsgemäße Matrize für ein Strangpresswerkzeug mit einem den Werkstoff während des Durchdrückens mehrfach umlenkenden Presskanal weist im Gegensatz zu Flachmatrizen einen lang gestreckten Presskanal auf, der den Werkstoff vollständig umgibt und eine hohe, hydrostatische
20 Druckbelastung auf das Werkstück oder den Werkstoff ermöglicht. Dieser Presskanal ist bevorzugt mehrfach winkelig, insbesondere rechtwinklig abknickend ausgebildet und weist in einer Ausführungsform einen gleichbleibenden Querschnitt auf. Lediglich an den Umlenk- oder Knickstellen, die diskontinuierlich, also nicht abgerundet ausgebildet sind, kommt es zu
25 Querschnittsveränderungen, bevorzugt senkrecht zur jeweiligen Pressrichtung.

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Matrize mehrteilig ausgebildet ist und in jedes Matrizenteil einen Eingang und einen Ausgang aufweist, wobei sich an dem Übergang von Eingang zu Ausgang der
30 Matrizenteile der Verlauf des Presskanals winkelig, insbesondere rechtwinklig, geändert wird.

Eine besonders einfache Ausgestaltung der Matrize sieht vor, dass bei einer mehrteiligen Ausgestaltung in einem Matrizenteil ein Presskanal eingearbeitet ist, der stirnseitig offen ist und von einem stirnseitig anliegenden anderen Matrizenteil geschlossen wird. Dies ermöglicht eine leichte Fertigung der

5 Matrize, deren Presskanal erst durch den Zusammenbau mit einem weiteren Matrizenteil, das stirnseitig an den offenen Presskanal angelegt wird, geschlossen wird. Dadurch ist es möglich, innerhalb eines Matrizenteiles leicht eine rechtwinkelige Umlenkung des Werkstoffes zu erzielen, indem von dem stirnseitig offenen Presskanal ein geschlossener Kanal abzweigt. Dieser

10 geschlossene Kanal kann durch die üblichen Herstellungsverfahren für Matrizen herausgearbeitet werden. Darüber hinaus sind weitere Ausgestaltungen einer mehrteiligen Matrize mit einem Presskanal, der eine mehrfache winkelige Umlenkung des Pressstranges bewirkt möglich und vorgesehen. Die jeweiligen Segmente oder Teile werden dann zu einer Matrize zusammengesetzt, wobei

15 die Kontur und der Verlauf des Presskanals von der Anordnung der Teile zueinander und der in den Teilen vorhandenen oder durch die Teile gebildeten Kanäle bestimmt wird.

Um ein Öffnen der Matrize während des Pressvorganges zu verhindern, sind

20 die einzelnen Matrizenteile in einer Halterung zusammengefasst und gehalten, wobei die Halterung beispielsweise als eine Stahlummantelung ausgebildet sein kann.

Vor dem eigentlichen Presskanal kann in der Matrize ein Reduzierstück

25 angeordnet und ausgebildet sein. Das Reduzierstück kann einen runden Querschnitt haben und das Material in einen Presskanal mit einem runden oder eckigen Querschnitt formen. Grundsätzlich sind auch andere Querschnittsgeometrien möglich.

30 Um eine Fertigbearbeitung eines Halbzeuges erzielen zu können, ist vorgesehen, dass am Austritt des Presskanals ein formbildendes Profilwerkzeug angeordnet oder ausgebildet ist. In der Matrize können Kanäle

ausgebildet sein, die Schmiermittel oder Kühlmittel in den Presskanal unter hohem Druck einleiten.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beigefügten Figuren näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 - eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Kornfeinung gemäß dem Stand der Technik;
- Figur 2 - eine perspektivische Darstellung einer mehrteiligen Matrize; sowie
- Figur 3 - eine Darstellung der Figur 2 in gedrehter Stellung.

In der Figur 1 ist eine Vorrichtung zur Kornfeinung gemäß dem Stand der Technik bekannt, bei der über einen Stempel 1 eine Presskraft F auf einen Werkstoff oder eine Werkstoffprobe 2 ausgeübt wird. Die Probe 2 befindet sich in einem Presskanal 4 einer Matrize 3 und wird durch den winkligen Presskanal 4 gedrückt. Dabei erfährt die Probe 2 eine hochgradige plastische Scherverformung. Der Querschnitt des Presswerkzeuges 1 entspricht dem Querschnitt am Ausgang des Presskanals 4. Über die gesamte Länge des Presskanals 4 in der Matrize 3 ändert sich der Querschnitt nicht.

Die Figur 2 zeigt dagegen eine erfindungsgemäße Matrize 10, die aus vier Matrizenteilen 11, 12, 13, 14 besteht. In dem ersten Matrizenteil 11 ist zunächst eine Aufnahme 111 mit einem runden, sich verjüngenden, daran anschließenden Reduktionsstück 112 gezeigt. In die Aufnahme 111 wird der Bolzen oder das Ausgangsmaterial eingeführt und über ein nicht dargestelltes Presswerkzeug, beispielsweise einen Pressstempel o. dgl., in Richtung auf das sich verjüngende Reduzierstück 112 gedrückt. In der Spitze des Reduzierstückes 112 schließt sich ein Presskanal 20 an, der in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel einen quadratischen Querschnitt aufweist. Grundsätzlich sind auch andere Querschnittsgeometrien möglich.

Der Presskanal 20 des ersten Matrizenteils 11 endet stirnseitig und schließt dort unmittelbar an den Presskanal 22 innerhalb des zweiten Matrizenteils 12 an. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Presskanal 22 des zweiten Matrizenteils 12 geradlinig ausgebildet. An dem Übergang zwischen dem zweiten und dem dritten Matrizenteil 13 ist in dem dritten Matrizenteil 13 dem zweiten Matrizenteil 12 zugewandt ein dreiseitig geschlossener Kanal ausgebildet, der stirnseitig durch das zweite Matrizenteil 12 geschlossen wird und einen weiteren Abschnitt 23 des Presskanals ausbildet. In dem dritten Matrizenteil 13 findet die erste rechtwinkelige Umlenkung senkrecht zu der Pressrichtung und Aufbringung der Presskraft durch das Werkzeug statt. Innerhalb des dritten Matrizenteils 13 erfolgt eine weitere Umlenkung des Werkstoffes aufgrund der Druckkraft und der abknickenden Form des Presskanals wieder parallel in Richtung zu der durch das Presswerkzeug aufgebrauchten Presskraft.

Das letzte Matrizenteil 14 ist analog dem vorletzten Matrizenteil 13 aufgebaut, ebenfalls mit einem winkelig abknickenden Presskanal 24. Am Ausgang des Presskanals 24 kann ein Querschnitt vorhanden sein, der dem Querschnitt am ersten Matrizenteil 11 entspricht. Neben der dargestellten scheibenartigen Ausgestaltung der Matrizenteile können diese auch eine andere, beispielsweise blockartige Gestalt aufweisen.

Die in der Figur 2 gezeigte Matrize 10 weist einen rechtwinkeligen Presskanal 20, 22, 23, 24 auf, der einem wiederholten Pressen und Drehen der Probe gemäß der Figur 1 entspricht. Die aus mehreren Teilen 11, 12, 13, 14 aufgebaute Matrize 10 kann beliebig erweitert oder verkürzt werden und kann an einen Rezipienten einer konventionellen Strangpresse angebaut werden. Das durchzudrückende Material wird dann als Strang durch den gesamten Presskanalverlauf in der Matrize 10 gepresst, wobei es mehrfach geschert wird, so dass in einem Pressdurchgang eine starke Akkumulation der Scherdehnung in verschiedenen Richtungen und eine entsprechend hohe Kornfeinung auftritt. Der hohe Gegendruck innerhalb der Matrize 10 erzeugt einen hohen

hydrostatischen Druck für eine homogene Gefügebildung des endverformten Werkstoffes.

5 In der Figur 3 ist die Einbindung einer Matrize 10 gemäß Figur 2 in einen Strangprozess dargestellt. Vor das erste Matrizenteil 11 mit dem Reduzierstück 112 ist eine Aufnahme 15 für den Werkstoffblock vorgesehen. Das vorgeschaltete Reduzierstück 112 vermindert während des Prozesses den Werkstoffblock auf die entsprechenden Abmessungen der Matrize 10 bzw. des Presskanals innerhalb der Matrize 10, bevor der Werkstoff oder der Pressstrang
10 in der Mehrfachmatrize umgeformt wird. Die Matrize 10 kann direkt im Rezipienten an der Strangpressanlage beheizt werden und ist somit auch gut zur Umformung von hexagonalen Werkstoffen wie Magnesium oder Magnesiumlegierungen geeignet. Auch für andere Werkstoffe wie Stähle, Aluminium oder Aluminiumlegierungen ist dieses Verfahren geeignet.

15 In dem Aufnahmestück 15 ist ein Teil der Strangpresse mit dem entsprechenden Blockdurchmesser zu sehen, der auch dem Bolzendurchmesser des Presswerkzeuges entspricht. Die Matrize 10 kann vollständig in einer Stahlmantelung 30 eingeschlossen sein, damit sich die Matrize während des Pressvorganges nicht öffnet. Am Austritt 50 des letzten Matrizenteiles 14 kann ein formbildendes Endstück ausgebildet oder eingesetzt
20 sein. Statt eines Endstückes kann in der Stirnwand der Umhüllung 30 auch lediglich eine Austrittsöffnung für das mehrfach umgeformte Material ausgebildet sein.

25 Anstelle von einzelnen Proben, wie gemäß der Figur 1 möglich, können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung lange Stränge oder fertige Profile hergestellt werden. Eine Mehrfachumformung durch die häufige Umlenkung innerhalb der Matrize 10 erlaubt es, mit einem einzigen Pressvorgang eine sehr große Scherverformung einzubringen, die
30 eine homogene, ultrafeine Kornstruktur zur Folge hat. Bei einem entsprechenden Design der Matrize 10 und dem Endstück 50 können

Strangpressprofile unmittelbar nach der Kornfeinung hergestellt werden. Eine direkte Anbindung in eine industrielle Prozesskette ist vorgesehen und möglich, so dass eine unmittelbare Weiterverarbeitung des eingestellten Materials möglich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung feinkörniger, polykristalliner Werkstoffe oder Werkstücke, bei dem der Werkstoff unter Aufbringung einer Presskraft durch ein Presswerkzeug und unter Scherverformung durch eine Matrize gedrückt und dabei umgelenkt wird, wobei der Werkstoff eine Pressrichtung einnimmt, die von der Richtung der durch das Presswerkzeug ausgeübten Presskraft abweicht, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine mehrfache Umlenkung des Werkstoffes innerhalb der Matrize durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Werkstoff unter Beibehaltung seines Ursprungsquerschnittes durch die Matrize gedrückt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Werkstoff am Matrizenausgang formgebend umgeformt wird.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Matrize beheizt oder gekühlt wird.
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Werkstoff mehrfach winkelig, insbesondere rechtwinkelig umgelenkt wird.
6. Matrize für ein Strangpresswerkzeug mit einem den Werkstoff während des Durchdrückens mehrfach umlenkenden Presskanal (20, 22, 23, 24).
7. Matrize nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Presskanal (20, 22, 23, 24) mehrfach winkelig, insbesondere rechtwinkelig abknickend ausgebildet ist.

8. Matrize nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Presskanal (20, 22, 23, 24) einen gleichbleibenden Querschnitt aufweist.
- 5 9. Matrize nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Matrize (10) mehrteilig aufgebaut ist und in jedem Matrizenteil (11, 12, 13, 14) ein Eingang und ein Ausgang ausgebildet ist.
- 10 10. Matrize nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass an dem Übergang von Eingang zu Ausgang der Matrizenteile (11, 12, 13, 14) der Verlauf des Presskanals (20, 22, 23, 24) sich winkelig, insbesondere rechtwinkelig ändert.
- 15 11. Matrize nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Presskanal (23, 24) in einem Matrizenteil (13, 14) stirnseitig offen ausgebildet und von einem stirnseitig anliegenden anderen Matrizenteil (12, 13) geschlossen ist.
- 20 12. Matrize nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass von dem stirnseitig offenen Presskanal ein geschlossener Kanal abzweigt.
13. Matrize nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Matrizenteile (11, 12, 13, 14) in einer Halterung (30) zusammengefasst und gehalten sind.
- 25 14. Matrize nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Presskanal (20, 22, 23, 24) ein Reduzierstück (112) angeordnet oder ausgebildet ist.
- 30 15. Matrize nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Austritt (50) des Presskanals (20, 22, 23, 24) ein formbildendes Profilwerkzeug angeordnet oder ausgebildet ist.

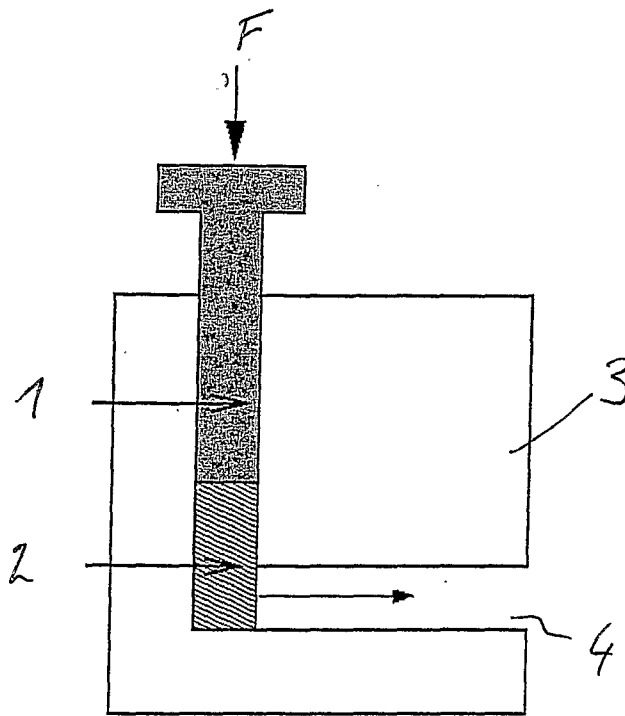


Fig. 1

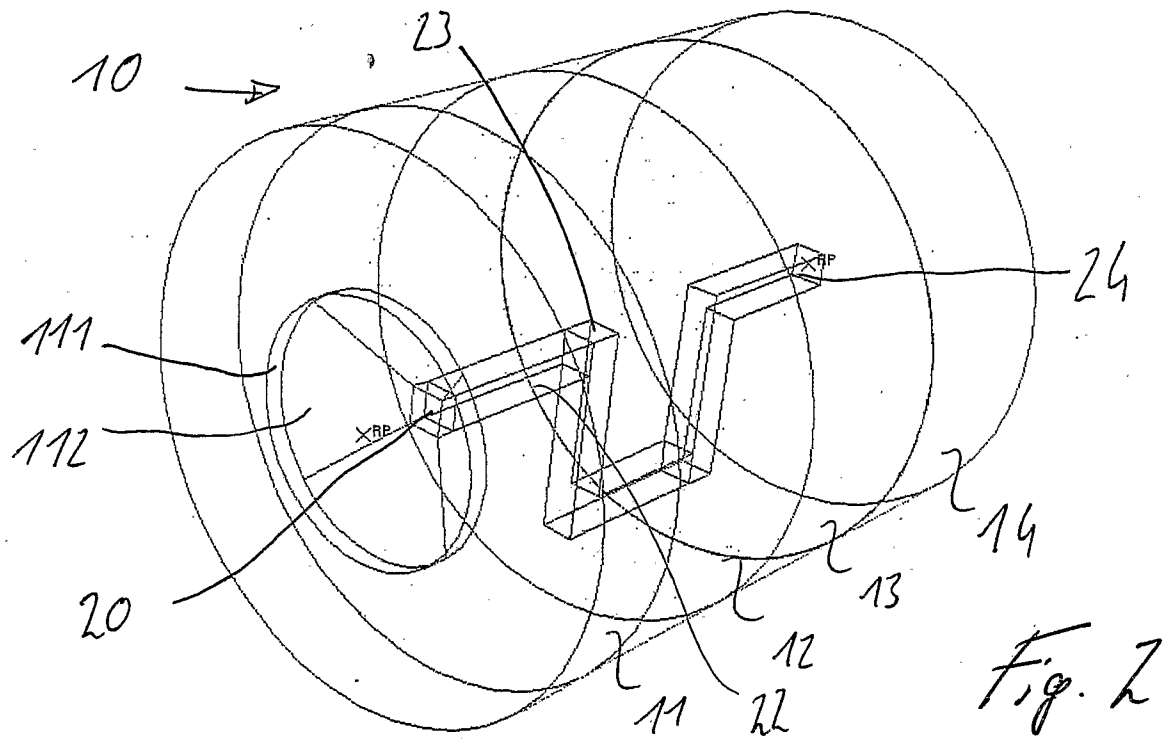


Fig. 2

