(19) Österreichisches patentamt

(10) **AT 517541 B1 2020-11-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 470/2015
(22) Anmeldetag: 15.07.2015
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2020

(51) Int. Cl.: ***B23H 3/04*** (2006.01)
F16C 33/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2006107382 A2
JP H10220460 A
US 2007144917 A1
US 2007215458 A1
WO 03068440 A1
KR 20100037364 A

(73) Patentinhaber:
MINEBEA MITSUMI Inc.
Nagano-ken (JP)

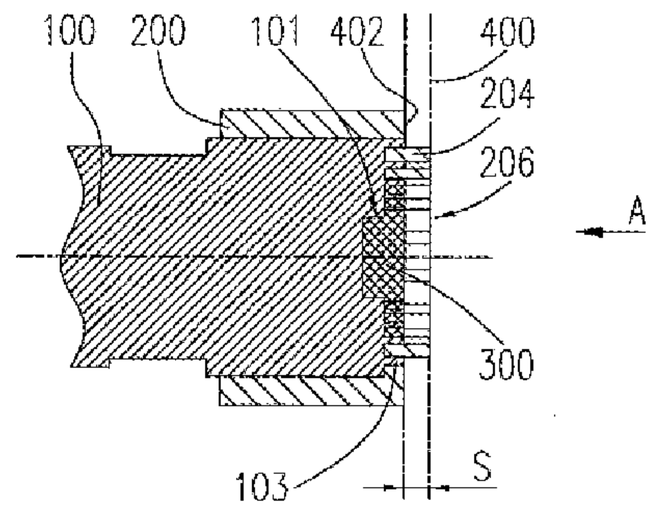
(72) Erfinder:
Fleig Jürgen
78112 St. Georgen (DE)

(74) Vertreter:
Gibler & Poth Patentanwälte KG
1010 Wien (AT)

(54) Elektrode für die elektrochemische Bearbeitung eines metallischen Bauteils und ein Verfahren zu deren Herstellung

(57) Die Erfindung betrifft eine Elektrodenanordnung zur elektrochemischen Bearbeitung eines metallischen Werkstücks, mit einer kreisförmigen Elektrodenoberfläche, die elektrisch leitende Bereiche (103) und elektrisch isolierende Bereiche (200, 300) aufweist, wobei die elektrisch isolierenden Bereiche (200, 300) ähnlich geformt sind wie die elektrisch leitenden Bereiche (103) und Teile der elektrisch isolierenden Bereiche (200) in axialer Richtung über die Ebene (402) der elektrisch leitenden Bereiche (103) hinausragen und als Auflageflächen (206) zur Auflage der Elektrodenanordnung auf dem Werkstück ausgebildet sind. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der radial außenliegende Rand der Auflageflächen (206) auf einem größeren Durchmesser angeordnet ist als der radial außenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche (103) und der radial innenliegende Rand der Auflageflächen (206) auf dem selben oder einem größeren Durchmesser angeordnet ist als der radial innenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche (103).

Fig. 5



AT 517541 B1 2020-11-15

Beschreibung

ELEKTRODE FÜR DIE ELEKTROCHEMISCHE BEARBEITUNG EINES METALLISCHEN BAUTEILS UND EIN VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft eine Elektrode für die elektrochemische Bearbeitung eines metallischen Bauteils und ein Verfahren zu deren Herstellung.

STAND DER TECHNIK

[0002] Elektroden zur elektrochemischen Bearbeitung von metallischen Bauteilen (ECM-Elektroden) sind in vielfältigen Formen aus dem Stand der Technik bekannt. Insbesondere werden derartige Elektroden auch bei der Herstellung von fluiddynamischen Lagersystemen verwendet, wie sie zur Drehlagerung von Miniaturspindelmotoren eingesetzt werden. Mittels der Elektroden werden die Lagerrillenstrukturen der fluiddynamischen Lager in die Lagerflächen eingebracht.

[0003] In der DE 10 2007 023 494 A1 ist beispielsweise der Aufbau einer zylindrischen Elektrode zur Herstellung von Radiallagerrillenstrukturen offenbart. Diese Elektrode ist demnach vorzugsweise für die Herstellung bzw. Bearbeitung von zylindrischen Lagerflächen geeignet. Zum Einbringen von Axiallagerstrukturen für fluiddynamische Drucklager werden vorzugsweise Elektroden mit kreisförmigen bzw. ringförmigen Elektrodenoberflächen benötigt. Eine solche Elektrode ist in der DE 10 2007 008 860 B4 offenbart. Hierbei braucht die Elektrode Auflagepunkte bzw. Auflageflächen, die auf dem Werkstück aufliegen, um einen gleichbleibenden Abstand der Elektrodenoberfläche vom Werkstück sicherzustellen, so dass eine genaue Bearbeitung des Werkstückes möglich ist. In der Regel werden bei ringförmigen Elektroden bzw. kreisförmigen Elektroden über den Umfang verteilt mindestens drei Auflagepunkte oder Auflageflächen verwendet. Der Nachteil dieser Auflageflächen ist, dass im Bereich dieser Flächen keine elektrochemische Bearbeitung des Werkstückes erfolgen kann, da die Werkstückoberfläche im Bereich der Auflageflächen abgedeckt ist. Bei Axiallagerstruktur bedeutet dies, dass im Bereich der Auflageflächen die Axiallagerstrukturen unterbrochen werden müssen und daher verformt sind, so dass die Wirkungsweise dieser Axiallagerstrukturen im Axiallager selbst durch diese Verformungen beeinträchtigt wird.

[0004] Die Auflageflächen bilden also Freiflächen auf dem Werkstück, die nicht zu bearbeiten sind. Im Bereich dieser Freiflächen entsteht keine Pumpwirkung in den Lagerrillen und damit eine Verminderung des fluiddynamischen Effektes.

[0005] Die JP 2004-58179A offenbart eine Elektrode zur elektrochemischen Bearbeitung von Lagerflächen von Axiallagern, welche eine Elektrodenoberfläche mit Rillenstrukturen aufweist, welche vertiefte sowie erhabene Bereiche aufweist. Zur elektrischen Isolierung der Zwischenräumen zwischen den erhabenen Bereichen der Lagerrillenstrukturen ist eine Isolierungsscheibe vorgesehen, die elektrisch isolierende Strukturen aufweist, welche in die Zwischenräume zwischen den erhabenen elektrisch leitenden Strukturen eingreifen und über diese hinausragen, so dass sie als Auflageflächen zur Auflage auf dem Werkstück dienen. Diese Auflagestrukturen erstrecken sich über die gesamte Länge der Strukturen der Elektrode und über diese hinaus, um überhaupt eine Zirkulation des Elektrolyts zwischen der Elektrode und dem Werkstück zu ermöglichen. Die Abmessungen der isolierenden Abdeckscheibe sind also sowohl radial innen liegend als radial außen liegend größer als die Abmessungen der ringförmigen Elektrodenoberfläche.

[0006] Die WO 2006 107382 A2 offenbart die Verwendung einer ECM Elektrode zur Bearbeitung eines Werkstücks. Als Abstandshalter zwischen der Elektrode und der Oberfläche des Werkstücks sind Stopper vorgesehen.

[0007] Die JP H10 220460 A offenbart eine Elektrode, deren Elektrodenoberfläche plan ausgebildet ist.

[0008] Die US 2007 144 917 A1 offenbart eine Elektrode, bei der die elektrisch isolierenden Bereiche geringfügig über die elektrisch leitenden Bereiche überstehen. Dadurch soll die Elektrode ein präziseres Arbeiten ermöglichen und ein sogenannter „Überbrand" verhindert werden.

[0009] Die US 2007 215 458 A1 beschreibt ein Verfahren, bei dem die elektrisch leitende Elektrodenoberfläche mit einem elektrisch isolierenden Material beschichtet wird, und durch Maskierung und einem anschließenden Ätzverfahren Teile der isolierenden Schicht und der elektrisch leitenden Bereiche entfernt werden, so dass eine elektrisch isolierende Struktur verbleibt, die über die Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche übersteht. Dabei ist unter anderem vorgesehen, dass die elektrisch isolierenden Bereiche als Auflage auf dem Werkstück dienen können.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0010] Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Elektrode zur elektrochemischen Bearbeitung eines metallischen Werkstückes und ein Verfahren zur Herstellung dieser Elektrode anzugeben, wobei diese Elektrode einfach und vor allem mit wiederholbarer Genauigkeit herzustellen ist und eine optimale Zirkulation des Elektrolyts zwischen der Elektrode und dem Werkstück gewährleistet.

[0011] Diese Aufgabe wird durch eine Elektrode mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche sowie ein Verfahren zur Herstellung dieser Elektrode mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

[0012] Die Elektrode umfasst eine kreisförmige Elektrodenoberfläche, die elektrisch leitende und elektrisch isolierende Bereiche aufweist, wobei die elektrisch isolierenden Bereiche ähnlich geformt sind wie die elektrisch leitenden Bereiche und Teile der elektrisch isolierenden Bereiche in axialer Richtung über die Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche hinausragen und als Auflageflächen zur Auflage auf dem Werkstück ausgebildet sind.

[0013] Erfindungsgemäß ist der radial außenliegende Rand der Auflageflächen auf einem größeren Durchmesser angeordnet, als der radial außenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche, während der radial innenliegende Rand der Auflageflächen auf demselben oder einem größeren Durchmesser angeordnet ist, als der radial innenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche.

[0014] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist der radial außenliegende Rand der Auflageflächen auf demselben Durchmesser angeordnet, wie der radial außenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche, während der radial innenliegende Rand der Auflageflächen auf einem größeren, demselben oder einem kleineren Durchmesser angeordnet ist, als der radial innenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der radial außenliegende Rand der Auflageflächen auf einem kleineren Durchmesser angeordnet, als der radial außenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche, während der radial innenliegende Rand der Auflageflächen auf einem kleineren Durchmesser angeordnet ist, als der radial innenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche.

[0016] Die Elektrode ist in allen Ausgestaltungsformen so gestaltet, dass die Auflageflächen radial außerhalb der kreisförmigen Elektrodenoberfläche nicht verbunden sind, so dass Elektrolyt bei der Bearbeitung des Werkstückes ungehindert zwischen der Oberfläche des Werkstückes und der Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche der Elektrode zirkulieren und fließen kann.

[0017] Eine derartige Elektrode kann insbesondere zur Bearbeitung von Lagerflächen eines fluiddynamischen Lagers verwendet werden, wobei die elektrisch leitenden Bereiche ein Abbild von Lagerstrukturen des fluiddynamischen Lagers, vorzugsweise eines fluiddynamischen Axiallagers, sind.

[0018] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass sich die elektrisch isolierenden Auflageflächen im Bereich des radial innen liegenden Randes der Elektrodenfläche verjüngen und keilförmige Enden aufweisen, d. h. an diesem Ende spitz zulaufen. Diese Ausgestaltung hat den besonderen Vorteil, dass diese sich verjüngenden Strukturen in Flussrichtung

angeordnet sind, d. h. der Elektrolyt fließt in Richtung der Verjüngung der Auflageflächen und kann durch die keilförmige Formgebung ungehindert und ohne Verwirbelung abfließen. Dies begünstigt einen gleichmäßigen und wiederholbaren elektrochemischen Abtragungsprozess.

[0019] In vorteilhafter Weise sind die keilförmigen Enden der Auflageflächen nicht symmetrisch ausgebildet, sondern weisen auf einer Seite eine größere Schräge auf, als auf der anderen Seite. Dadurch kann der Elektrolyt ungehindert in Richtung der Mitte der Elektrode abfließen, und es entstehen keine Verwirbelungen an den Rändern der Elektrodenoberfläche.

[0020] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die elektrisch isolierenden Bereiche komplett durchgehend aus einem Kunststoff gefertigt.

[0021] In einer anderen bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die elektrisch isolierenden Bereiche teilweise aus Kunststoff und teilweise aus einer elektrisch isolierenden Vergussmasse gefertigt. Dabei liegt vorzugsweise die Oberfläche des Teils der isolierenden Bereiche, der aus Vergussmasse gefertigt ist, in derselben axialen Ebene in der die Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche liegt.

[0022] Vorzugsweise beträgt das Verhältnis der Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche zu der Oberfläche der Auflageflächen zwischen 1 und 12.

[0023] In vorteilhafter Weise sind die als Auflageflächen vorgesehenen elektrisch isolierenden Bereiche ein Teil der Elektrode und stoffschlüssig mit dem metallischen Elektrodenkörper verbunden. Dadurch ist es möglich, dass die Auflageflächen unmittelbar bis an die Ränder der Elektrodenoberfläche reichen können, ohne dass diese über die Ränder hinausragen müssen, wie dies beispielsweise beim Stand der Technik der Fall ist.

[0024] Beim Stand der Technik besteht auch der Nachteil, dass die Auflageflächen aus einer ringförmigen Isolationsplatte herausgearbeitet werden mussten, und insbesondere bei kleinen Radien der Elektrode sehr feine Strukturen bearbeitet werden mussten, die eine wiederholbare hohe Genauigkeit und einen aufwendigen Bearbeitungsprozess erfordern.

[0025] Bei der vorliegenden Erfindung sind die Auflageflächen vornehmlich im Bereich des äußeren Radius der Elektrodenfläche definiert, wobei die erforderlichen Strukturen sehr viel größer sind und daher einfacher herzustellen sind, so dass sich eine kostengünstigere Herstellung der Elektrode und eine bessere Wiederholbarkeit der Genauigkeit ergeben.

[0026] Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrode für die elektrochemische Bearbeitung eines metallischen Werkstückes, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

[0027] Bereitstellen eines elektrisch leitfähigen Elektrodenkörpers mit mindestens einer kreisförmigen Elektrodenoberfläche, Einbringen von nutenartigen Strukturen in die Elektrodenoberfläche, so dass sich vertiefte Bereiche und erhabene Bereiche auf der Elektrodenoberfläche ergeben, Bereitstellen einer elektrisch isolierenden, topfförmigen Kappe mit einer zentralen Bohrung und einer ringförmigen Fläche, Einbringen von nutenartigen Strukturen in die ringförmige Fläche der Kappe , die komplementär zu den Erhebungen und Vertiefungen der Elektrodenoberfläche ausgebildet sind, Aufsetzen und Aufkleben der Kappe auf den Elektrodenkörper derart, dass die ringförmige Fläche der Kappe auf der kreisförmigen Elektrodenoberfläche liegt, wobei die komplementären elektrisch isolierenden Strukturen der Kappe in den Zwischenräumen zwischen den nutenartigen Strukturen des Elektrodenkörpers zu liegen kommen, Auffüllen eines durch die Kappe und die Elektrodenoberfläche gebildeten Freiraums mit einer elektrisch isolierenden Vergussmasse, Abtragen des Materials der Kappe und der elektrisch isolierenden Vergussmasse bis auf eine erste Ebene, in der die Oberfläche der erhabenen Bereiche der Elektrodenoberfläche liegt und Abtragen der erhabenen Bereiche der nutenartigen Strukturen des Elektrodenkörpers, der elektrisch isolierenden Vergussmasse und von Teilen der elektrisch isolierenden Strukturen der Kappe bis auf eine zweite Ebene, die um einen Betrag s unterhalb der ersten Ebene liegt.

[0028] Mit diesem Herstellungsverfahren ergibt sich eine relativ einfach herzustellende und vor allem mit einer großen Wiederholgenauigkeit herzustellende Elektrode, welche entsprechende

Auflageflächen aufweist, die durch elektrisch isolierende Strukturen der Hülse gebildet sind, wobei die elektrisch leitenden Strukturen der Elektrodenoberfläche in einer definierten Tiefe s unterhalb der Oberfläche der Auflageflächen angeordnet sind.

[0029] Der Elektrolyt kann bei auf der dem Werkstück aufgesetzten Elektrode in radialer Richtung frei durch die vertieften Kanäle zwischen den Oberflächen der elektrisch leitenden Strukturen und dem Werkstück fließen, kann also beispielsweise radial von außen oder innen zugeführt werden und radial nach innen oder nach außen durch die strukturierten Kanäle der Elektrode abfließen.

[0030] Für die isolierende Kappe wird vorzugsweise eine Kunststoffhülse verwendet, die beispielsweise aus einem Polyetherimid besteht.

[0031] Die nutenartigen Strukturen der Elektrodenoberfläche und die komplementären elektrisch isolierenden Strukturen bestehen aus einer Mehrzahl von langgestreckten, geraden oder gekrümmten Rillen.

[0032] Die komplementären Strukturen können sich an einem Ende keilförmig verjüngen, d.h. die Breite der Strukturen verringert sich an diesem Ende.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher beschrieben. Hierbei ergeben sich weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN:

[0034] Figur 1 zeigt einen Schnitt durch einen Elektrodenkörper zur elektrochemischen Bearbeitung eines Werkstücks

[0035] Figur 1 a zeigt eine Aufsicht auf den Elektrodenkörper von Figur 1

[0036] Figur 2 zeigt einen Schnitt des Elektrodenkörpers mit aufgesetzter Kappe

[0037] Figur 2a zeigt eine Aufsicht auf den Elektrodenkörper mit aufgesetzter Kappe

[0038] Figur 3 zeigt einen Schnitt durch den Elektrodenkörper mit Kappe und Isoliermasse

[0039] Figur 3a zeigt eine Aufsicht auf die Anordnung von Figur 3

[0040] Figur 4 zeigt einen Schnitt durch Elektrodenkörper, Kappe und Isoliermasse nach der Bearbeitung

[0041] Figur 4a zeigt eine Aufsicht der Anordnung von Figur 4

[0042] Figur 5 zeigt einen Schnitt gemäß Figur 4 nach einem weiteren Bearbeitungsschritt

[0043] Figur 5a zeigt eine Aufsicht auf die Anordnung von Figur 5

[0044] Figur 6 zeigt eine Aufsicht auf die Kappe aus Figur 5

[0045] Figur 6a zeigt eine Aufsicht auf eine Kappe in einer alternativen Ausführungsform

[0046] Figur 6b zeigt ein Detail aus Figur 6a

[0047] Die Figur 1 zeigt einen Schnitt durch einen zylinderförmigen Elektrodenkörper 100 für eine Elektrode zur elektrochemischen Bearbeitung eines Werkstückes, der aus einem verschleißfesten und elektrisch gut leitenden Material, beispielsweise Messing, besteht. Die eigentliche Elektrodenoberfläche, die zur Bearbeitung des Werkstückes verwendet wird, umfasst Strukturen 102, welche entsprechende Erhebungen 103 und Vertiefungen 104 aufweisen. Im vorliegenden Beispiel weist der Elektrodenkörper 100 eine zur Längsachse 105 konzentrische Aussparung 101 auf, so dass die elektrochemisch aktive Elektrodenoberfläche ringförmig ausgebildet ist. Dies ist beispielsweise in Figur 1a dargestellt. Man erkennt, dass die Strukturen 102 auf der ringförmigen Elektrodenoberfläche spiralrillenförmig ausgebildet sind und entsprechenden Erhebungen 103 und Vertiefungen 104 aufweisen.

[0048] Der gezeigte Elektrodenkörper 100 wird vorzugsweise zur Bearbeitung von Lagerflächen eines fluiddynamischen Axiallagers verwendet, in dessen Lagerfläche spiralrillenförmige Struktu-

ren eingebracht werden sollen. Die Strukturen 102 auf dem Elektrodenkörper 100 weisen eine typische Strukturtiefe von beispielsweise 200 bis 500 Mikrometer auf. Als Strukturtiefe wird der Abstand der durch die Erhebungen 103 und Vertiefungen 104 gebildeten Ebenen definiert.

[0049] Die Figuren 1 und 1a zeigen die Elektrode im Rohzustand, d. h. es fehlen noch die isolierenden Bereiche, welche die elektrochemisch aktiven Bereiche der Elektrodenoberfläche von den elektrochemisch inaktiven Bereichen der Elektrodenoberfläche trennen.

[0050] In den Figuren 2 und 2a ist der nächste Schritt zur Herstellung der Elektrode dargestellt, wobei auf den zylindrischen Elektrodenkörper 100 eine im Wesentlichen hohlzylindrisch ausgebildete Kappe 200 aufgesetzt wird. Die Kappe 200 besteht aus einem elektrisch isolierenden Material, beispielsweise Kunststoff und vorzugsweise aus einem mechanisch sehr stabilen Kunststoff, wie beispielsweise Polyetherimid. Polyetherimid ist ein stabiler, druckresistenter Kunststoff, der sehr haltbar ist.

[0051] Die hohlzylindrische Kappe 200 weist eine Bohrung 201 auf. Eine Stufe 202 unterteilt die Bohrung 201 in einen Abschnitt mit größerem Innendurchmesser, welcher auf den Außenumfang der Elektrode 100 aufgesetzt wird, und einen Abschnitt mit kleinerem Durchmesser, welcher über die Elektrodenoberfläche hinausragt. Im Bereich der Stufe 202 weist die Kappe 200 ebenfalls Strukturen 203 auf, welche Erhebungen 204 sowie Vertiefungen 205 bilden. Die Erhebungen 204 und Vertiefungen 205 sind komplementär zu den Erhebungen 103 und Vertiefungen 104 des Elektrodenkörpers 100 ausgebildet, in den Bereichen, in welchen die Stufe 202 der Kappe 200 auf der Elektrodenoberfläche aufliegt. Die Erhebungen 204 der Kappe 200 greifen daher in die Vertiefungen 104 der Elektrode ein, während die Erhebungen 103 des Elektrodenkörpers 100 in die Vertiefungen 205 der Kappe 200 eingreifen, so dass die Kappe 200 im Bereich ihrer Stufe 202 fest und unverrückbar auf der Elektrodenoberfläche des Elektrodenkörpers 100 aufliegt und die Vertiefungen 104 des Elektrodenkörpers 100 durch die Erhebungen 204 der Kappe 200 ausgefüllt werden und umgekehrt. Die Tiefe der Strukturen der Kappe 200 entspricht der Tiefe der Strukturen des Elektrodenkörpers 100, und beträgt beispielsweise 200 bis 500 Mikrometer.

[0052] Figur 2a zeigt die Aufsicht auf den Elektrodenkörper 100 mit der aufgesetzten Kappe 200, wobei man durch die Bohrung 201 der Kappe, die darunter liegenden Strukturen 102 des Elektrodenkörpers 100 erkennen kann.

[0053] In den Figuren 3 und 3a ist ein nächster Schritt der Herstellung der Elektrode dargestellt. Ausgehend von der Anordnung von Figur 2 wird nun eine Vergusshilfe in Form einer Hülse 207 auf die Kappe 200 gesetzt. Die Hülse 207 liegt mit ihrem Innendurchmesser am Außendurchmesser der Kappe 200 an und überragt die Kappe 200 in axialer Richtung. Der durch die Hülse 207 und den strukturierten Elektrodenkörper 100 gebildete Hohlraum, wird, mit einer Vergussmasse 300 aufgefüllt. Die Vergussmasse 300 ist ein elektrisch isolierender Kunststoff, der in die Aussparung 101 und die verbleibenden Vertiefungen 104 des Elektrodenkörpers 100 eindringt und diese zusammen mit der Innenwand der Hülse 207 auffüllt.

[0054] Figur 3a zeigt eine Aufsicht auf die Anordnung gemäß Figur 3, wobei man die Hülse 207 so wie die elektrisch isolierende Vergussmasse 300 erkennt, welche die Freiräume zwischen Hülse 207 und Elektrodenkörper 100 aufgefüllt hat.

[0055] Figur 4 zeigt die Anordnung nach einem nächsten Bearbeitungsschritt. In diesem Bearbeitungsschritt wird die Hülse 207 wieder entfernt, beispielsweise durch abfräsen, und das Material der Kappe 200 und der Isoliermasse 300 wieder abgetragen, beispielsweise plan gefräst, bis auf eine erste Ebene 400, welche durch die Oberfläche der Erhebungen 103 der Elektrode 100 gebildet wird. Das heißt, alle drei Materialien, zum Einen das Metall der Erhebungen 103 des Elektrodenkörpers 100, die verbleibende Isoliermasse 300 sowie der Kunststoff der Kappe 200 werden in dieser Ebene 400 sichtbar. Die Vertiefungen 104 des Elektrodenkörpers 100 sind radial innen durch die Vergussmasse 300 aufgefüllt und im Bereich des äußeren Radius der Elektrodenoberfläche durch das Material der Kappe 200 aufgefüllt. Die Aussparung 101 des Elektrodenkörpers 100 ist komplett mit Vergussmasse 300 aufgefüllt.

[0056] Figur 4a zeigt eine Aufsicht auf diese Anordnung, wobei man die Erhebungen 103 des

Elektrodenkörpers 100 erkennt und das dazwischen und außen herum angeordnete nicht-schraffierte Material der Kappe 200 sowie das kreuzschraffierte Material der isolierenden Vergussmasse 300. Man erkennt, dass alle Zwischenräume zwischen den Erhebungen 103 des Elektrodenkörpers 100 entweder durch das Material der Kappe 200 oder das Material der Isoliermasse 300 aufgefüllt sind.

[0057] Die Figuren 5 und 5a zeigen nun den letzten Bearbeitungsschritt zur Herstellung der Elektrodenanordnung. Hierbei werden die Erhebungen 103 des Elektrodenkörpers 100, die Vergussmasse 300 und Teile der Kappe 200 um einen Betrag s bis auf eine zweite Ebene 402 abgetragen. Diese zweite Ebene 402 liegt also um den Betrag s unterhalb der ersten Ebene 400. Die Oberflächen der nicht abgetragenen Teile der Kappe 200 liegen also noch in der ersten Ebene 400 und dienen somit als Auflageflächen 206. Radial außerhalb der Elektrodenfläche, d. h. radial außerhalb des Metallmaterials der Elektrode ist das Material der Kappe 200 ebenfalls bis auf die tiefer liegende Ebene 402 abgetragen.

[0058] Eine Aufsicht auf Figur 5 ist in Figur 5a dargestellt. Zu sehen sind die spiralförmigen, elektrisch leitfähigen Erhebungen 103 des Elektrodenkörpers 100, deren Oberfläche in der tieferliegenden, zweiten Ebene 402 liegt. Radial außerhalb des Bereichs, in dem die elektrisch isolierende Vergussmasse 300 ist, sind die zwischen den Erhebungen 103 angeordneten, ebenfalls leicht spiralförmigen Auflageflächen 206 der Kappe 200 zu sehen. Die Auflageflächen 206 enden mit ihrer radial außenliegenden Seite auf demselben Durchmesser, auf dem auch die elektrisch leitfähigen Erhebungen 103 des Elektrodenkörpers 100 mit ihrer radial äußeren Seite enden und erstrecken sich radial nach innen bis zu dem Bereich der Vergussmasse 300. Radial außerhalb der Auflageflächen 206 und der elektrisch leitfähigen Strukturen 103 ist der äußere Rand der Kappe 200 zu sehen, dessen Oberfläche in der zweiten, tieferliegenden Ebene 402 liegt.

[0059] Zur Bearbeitung eines Werkstückes wird die Elektrodenanordnung unmittelbar mit ihrer ersten Ebene 400 auf die Oberfläche des Werkstückes aufgesetzt. Ein Elektrolyt wird dann zwischen der zweiten, tieferliegenden Ebene 402 der leitfähigen Erhebungen 103 und dem Werkstück entweder von radial außen nach innen oder von radial innen nach außen durchgeleitet und ein elektrischer Strom zwischen Elektrode und Werkstück angelegt, wodurch eine elektrochemische Abtragung der Werkstückoberfläche im Bereich der Erhebungen 103 erfolgt, während in den isolierten Bereichen, die durch die isolierende Kappe 200 bzw. die Isoliermasse 300 gebildet werden, keine elektrochemische Abtragung erfolgt.

[0060] In das Werkstück wird also eine Struktur eingebracht, die aus Vertiefungen besteht, welche ein Abbild der elektrisch leitenden Erhebungen 103 der Elektrode 100 sind.

[0061] Figur 6 zeigt eine Aufsicht auf die Kappe 200 nach dem letzten Bearbeitungsschritt. Der Boden der Vertiefungen 205 der Kappe 200, in die die Erhebungen 103 des Elektrodenkörpers eingreifen ist inzwischen abgetragen, so dass die Vertiefungen zu Freiräumen geworden sind und die Oberfläche der Erhebungen 103 freiliegt. Zwischen den Freiräumen 205 sind die Auflageflächen 206 zu sehen, die genau wie die Freiräume 205, spiralförmig ausgebildet sind. Die Breite der Freiräume 205 und der Auflageflächen 206 vergrößert sich vom radial innenliegenden Ende in Richtung zum radial außenliegenden Ende.

[0062] Figur 6A zeigt eine Aufsicht auf eine abgewandelte Ausgestaltung der Kappe 200 aus Figur 6, bei der die Auflageflächen 206 anders ausgestaltet sind. Das radial innenliegende Ende der Auflageflächen 206 läuft spitz zu und endet auf einem größeren Durchmesser, als der Durchmesser der zentralen Bohrung 201. Die spitzen Enden sind dabei nicht symmetrisch ausgebildet. Zwar liegen die Enden der Spitzen auf der Mittellinie der Auflageflächen 206, jedoch verläuft jede Seite unter einem unterschiedlichen Winkel. Alternativ können die Enden auch symmetrisch ausgebildet sein (nicht zeichnerisch dargestellt). Durch diese Form der Auflageflächen 206 kann der Elektrolyt, der vorzugsweise von radial außen zugeführt wird und radial nach innen fließt, im radial inneren Bereich ohne Verwirbelungen abfließen, so dass ein sehr gutes Ergebnis der elektrochemischen Bearbeitung erzielt werden kann, da hier kein Stau oder eine Verwirbelung des Elektrolyts stattfindet. In der hier gezeigten Ausgestaltung der Kappe 200, füllen die Auflageflächen 206 nicht komplett den Zwischenraum zwischen Freiräumen 205 für die elektrisch leitenden Struktu-

ren 103 aus. Außerhalb der Auflageflächen 206 werden die Zwischenräume zwischen den Freiräumen 205 durch Teile der Kappe 200 ausgefüllt, deren Oberflächen in derselben Ebene liegen, wie die Oberflächen der Teile der Kappe 200, die radial außerhalb der Auflageflächen angeordnet sind.

[0063] Figur 6B zeigt das Detail X der Figur 6A im Bereich des spitzen Endes der Auflageflächen 206. Hier ist deutlich das spitz zulaufende, nicht symmetrisch ausgebildete, radial innenliegende Ende der Auflageflächen 206 zu erkennen.

[0064] Die hier gezeigten Auflageflächen müssen nicht zwangsläufig mit ihrem radial äußeren Ende auf demselben Durchmesser enden, wie die elektrisch leitenden Strukturen, sondern können auch auf einem kleineren oder einem größeren Durchmesser enden (nicht zeichnerisch dargestellt). Auch können die Auflageflächen mit ihrem radial inneren Ende auf einem kleineren oder demselben Durchmesser enden, wie die elektrisch leitenden Strukturen (ebenfalls nicht zeichnerisch dargestellt).

[0065] Die Vorteile der dargestellten Elektrodenanordnung sind eine wesentlich verlängerte Lebensdauer aufgrund des stabilen Materials der Kappe 200 und eine bessere Stabilität der Auflageflächen und eine genauere Auflage.

[0066] Die mittels dieser Elektrodenanordnung erzeugten Lagerstrukturen können ohne Defekte oder Unterbrechungen hergestellt werden und können vom Innenumfang bis zum Außenumfang der Lagerfläche reichen, ohne Unterbrechungen.

[0067] Es ergibt sich ferner eine sehr gute Planparallelität der Auflage der Elektrode auf dem Werkstück.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

100 Elektrodenkörper
101 Aussparung
102 Strukturen
103 Erhebungen
104 Vertiefungen
105 Längsachse

200 Kappe
201 Bohrung
202 Stufe
203 Strukturen
204 Erhebungen
205 Vertiefungen
206 Auflagefläche
207 Hülse
300 Vergussmasse

400 Ebene (der Erhebungen der Strukturen der Elektrode vor Bearbeitung)
402 Ebene (der Erhebungen der Strukturen nach Bearbeitung)

Patentansprüche

1. Elektrodenanordnung zur elektrochemischen Bearbeitung eines metallischen Werkstücks, mit einer kreisförmigen Elektrodenoberfläche, die elektrisch leitende Bereiche (103) und elektrisch isolierende Bereiche (200, 300) aufweist, wobei die elektrisch isolierenden Bereiche (200, 300) ähnlich geformt sind wie die elektrisch leitenden Bereiche (103) und Teile der elektrisch isolierenden Bereiche (200) in axialer Richtung über eine Ebene (402), in der die Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche (103) liegen, hinausragen und als Auflageflächen (206) zur Auflage der Elektrodenanordnung auf dem Werkstück ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der radial außenliegende Rand der Auflageflächen (206) auf einem größeren Durchmesser angeordnet ist, als der radial außenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche (103) und der radial innenliegende Rand der Auflageflächen (206) auf dem selben oder einem größeren Durchmesser angeordnet ist, als der radial innenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche (103).

2. Elektrodenanordnung zur elektrochemischen Bearbeitung eines metallischen Werkstücks, mit einer kreisförmigen Elektrodenoberfläche, die elektrisch leitende Bereiche (103) und elektrisch isolierende Bereiche (200, 300) aufweist, wobei die elektrisch isolierenden Bereiche (200, 300) ähnlich geformt sind wie die elektrisch leitenden Bereiche (103) und Teile der elektrisch isolierenden Bereiche (200) in axialer Richtung über eine Ebene (402), in der die Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche (103) liegen, hinausragen und als Auflageflächen (206) zur Auflage der Elektrodenanordnung auf dem Werkstück ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der radial außenliegende Rand der Auflageflächen (206) auf dem selben Durchmesser angeordnet ist, wie der radial außenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche (103) und der radial innenliegende Rand der Auflageflächen (206) auf einem größeren, dem selben oder einem kleineren Durchmesser angeordnet ist, als der radial innenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche (103).

3. Elektrodenanordnung zur elektrochemischen Bearbeitung eines metallischen Werkstücks, mit einer kreisförmigen Elektrodenoberfläche, die elektrisch leitende Bereiche (103) und elektrisch isolierende Bereiche (200, 300) aufweist, wobei die elektrisch isolierenden Bereiche (200, 300) ähnlich geformt sind wie die elektrisch leitenden Bereiche (103) und Teile der elektrisch isolierenden Bereiche (200) in axialer Richtung über eine Ebene (402), in der die Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche (103) liegen, hinausragen und als Auflageflächen (206) zur Auflage der Elektrodenanordnung auf dem Werkstück ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der radial außenliegende Rand der Auflageflächen (206) auf einem kleineren Durchmesser angeordnet ist, als der radial außenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche (103) und der radial innenliegende Rand der Auflageflächen (206) auf einem kleineren Durchmesser angeordnet ist, als der radial innenliegende Rand der elektrisch leitenden Bereiche (103).

4. Elektrodenanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Auflageflächen (206) im Bereich des radial innenliegenden Randes verjüngen und keilförmige Enden aufweisen.

5. Elektrodenanordnung gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die keilförmigen Enden der Auflageflächen (206) nicht symmetrisch ausgebildet sind.

6. Elektrodenanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch leitenden Bereiche (103) der Elektrodenanordnung ein Abbild von Lagerstrukturen eines fluiddynamischen Axiallagers sind.

7. Elektrodenanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis der Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche (103) zu der Oberfläche der Auflageflächen (206) zwischen 1 und 12 beträgt.

8. Elektrodenanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch isolierenden Bereiche (200, 300) entweder komplett durchgehend aus einem Kunststoff gefertigt sind oder teilweise aus Kunststoff und teilweise aus einer elektrisch isolierenden Vergussmasse gefertigt sind.

9. Elektrodenanordnung gemäß Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche des Teils der isolierenden Bereiche (300), der aus Vergussmasse gefertigt ist, in derselben axialen Ebene liegt wie die Oberfläche der elektrisch leitenden Bereiche (103).

10. Verfahren zur Herstellung einer Elektrodenanordnung für die elektrochemische Bearbeitung eines metallischen Werkstücks, mit den Schritten:
Bereitstellen eines elektrisch leitfähigen Elektrodenkörpers (100) mit mindestens einer kreisförmigen Elektrodenoberfläche;
Einbringen von Strukturen (102) in die Elektrodenoberfläche, so dass sich Erhebungen (103) und Vertiefungen (104) auf der Elektrodenoberfläche ergeben;
Bereitstellen einer elektrisch isolierenden, topfförmigen Kappe (200) mit einer zentralen Bohrung (201) und einer ringförmigen Fläche;
Einbringen von Strukturen (203) in die ringförmige Fläche der Kappe (200) mit Erhebungen (204) und Vertiefungen (205), die komplementär zu den Erhebungen (103) und Vertiefungen (104) der Elektrodenoberfläche ausgebildet sind,
Aufsetzen und Aufkleben der Kappe (200) auf den Elektrodenkörper (100) derart, dass die ringförmige Fläche der Kappe (200) auf der kreisförmigen Elektrodenoberfläche liegt, wobei die komplementären elektrisch isolierenden Strukturen (203) der Kappe (200) in den Zwischenräumen zwischen den elektrisch leitenden Strukturen (102) des Elektrodenkörpers (100) zu liegen kommen,
Auffüllen eines durch die Kappe (200) und die Elektrodenoberfläche gebildeten Freiraums mit einer elektrisch isolierenden Vergussmasse (300), Abtragen des Materials der Kappe (200) und der elektrisch isolierenden Vergussmasse (300) bis mindestens auf eine erste Ebene (400) in der die Oberfläche der elektrisch leitenden Strukturen (102) der Elektrodenoberfläche liegt,
Abtragen der elektrisch leitenden Strukturen (102), der elektrisch isolierenden Vergussmasse (300) und von Teilen der elektrisch isolierenden Strukturen (203) der Kappe (200) bis auf eine zweite Ebene (402), die um den Betrag s unterhalb der ersten Ebene (400) liegt, so dass die Oberfläche von Teilen der elektrisch isolierenden Strukturen (203) der Kappe (200) um den Betrag s axial oberhalb der Oberfläche der elektrisch leitenden Strukturen (103) liegt.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Aufbringen der Kappe (200) eine Vergusshilfe in Form einer Hülse (207) auf die Kappe (200) aufgebracht wird, die diese in axialer Richtung überragt, und wobei der durch die Hülse (207) und den strukturierten Elektrodenkörper (100) gebildeten Freiraum mit einer elektrisch isolierenden Vergussmasse (300) aufgefüllt wird.

12. Verfahren gemäß Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hülse (207) nach Aushärten der elektrisch isolierenden Vergussmasse (300) wieder entfernt wird, bevor das Material der Kappe (200) und der elektrisch isolierenden Vergussmasse (300) bis auf mindestens die erste Ebene (400), in der die Oberfläche der elektrisch leitenden Strukturen (102) der Elektrodenoberfläche liegt, abgetragen wird.

13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kappe (200) aus Kunststoff verwendet wird,

14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kappe (200) aus Polyetherimid verwendet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch leitenden Strukturen (102) der Elektrodenoberfläche und die komplementären elektrisch isolierenden Strukturen (203) der Kappe (200) aus einer Mehrzahl von langgestreckten geraden oder gekrümmten Rillen bestehen.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erhebungen (204) der elektrisch isolierenden Strukturen (203) der Kappe (200) sich an einem Ende verjüngen und ein keilförmiges Ende aufweisen.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

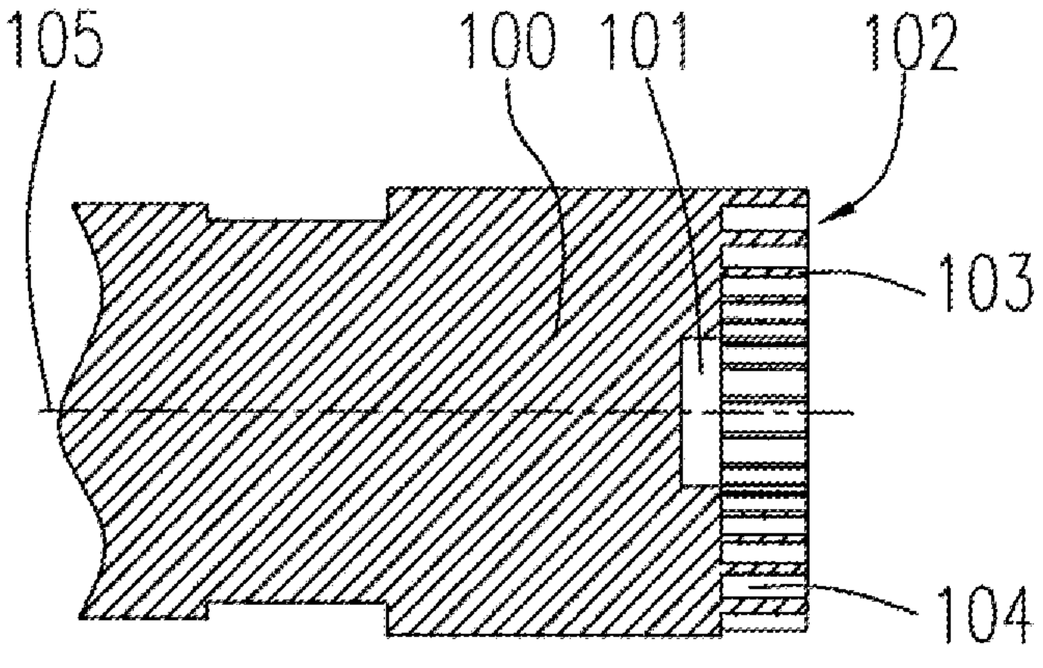
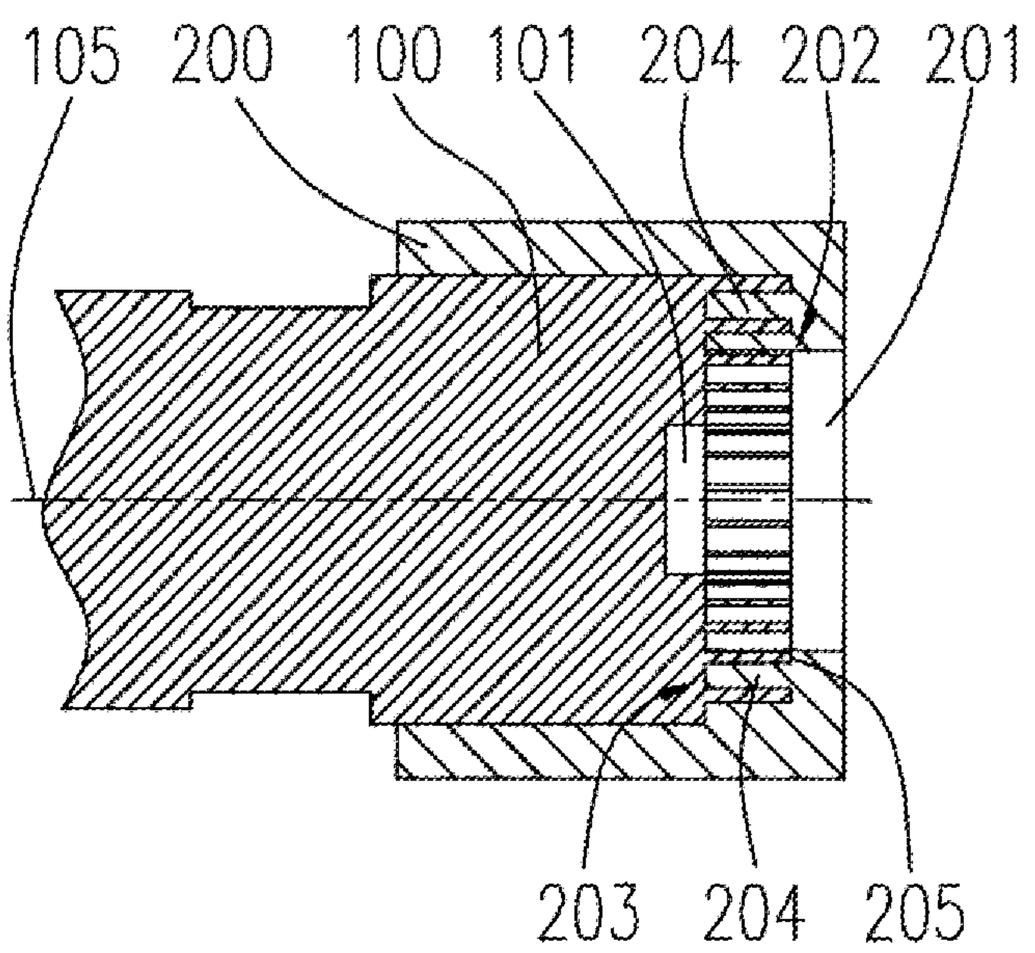


Fig. 2



A

A

Fig. 1A
View A

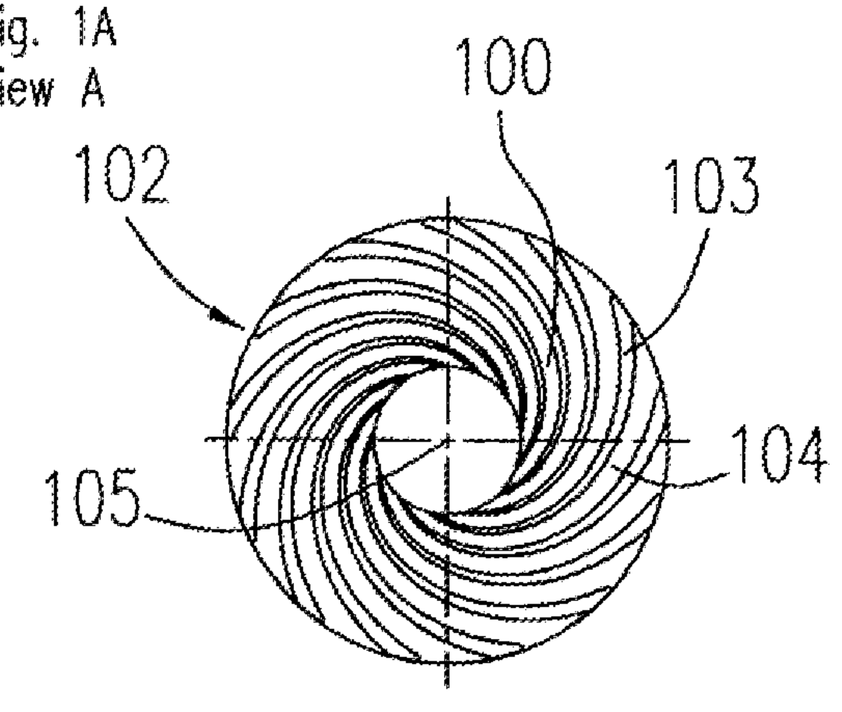
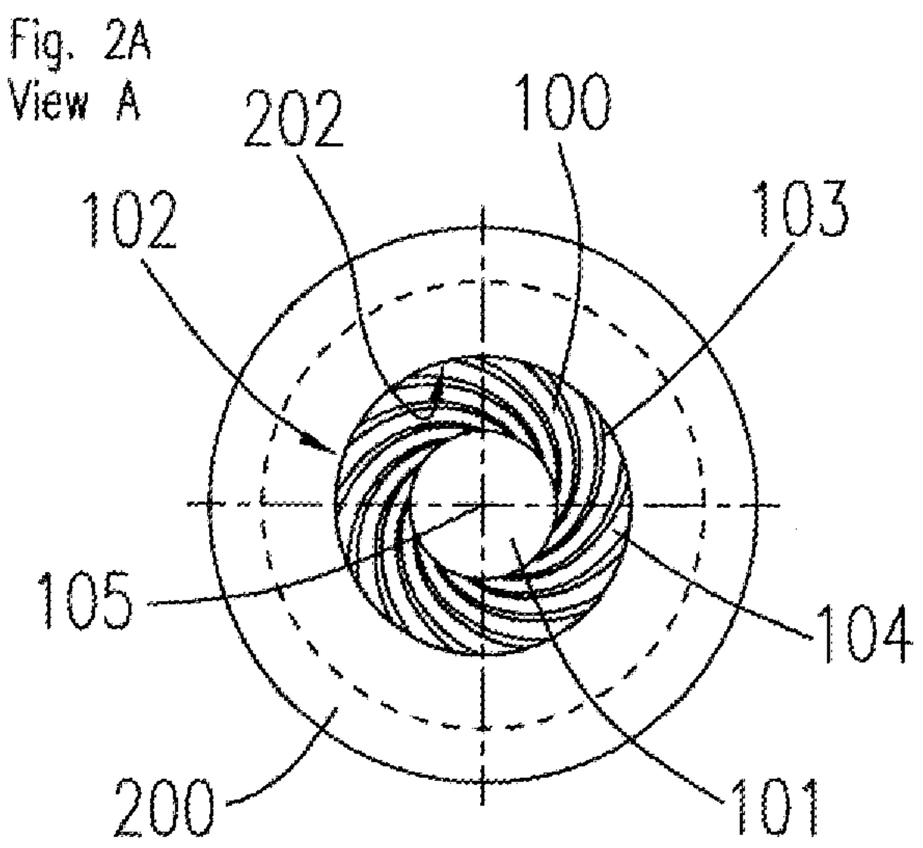


Fig. 2A
View A



AT 517 541 B1 2020-11-15

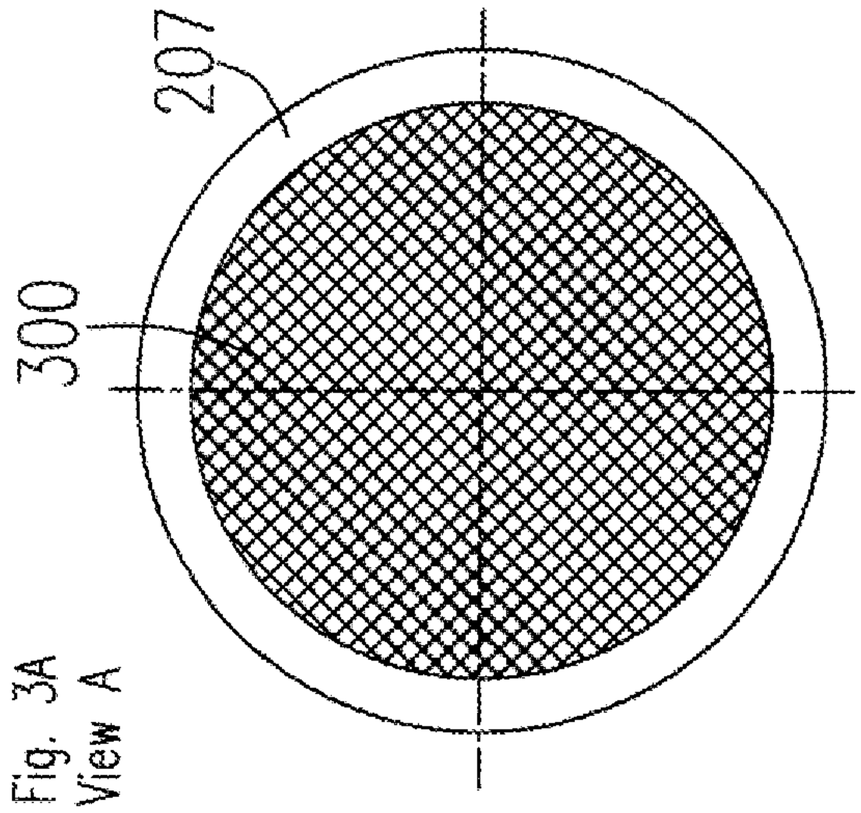


Fig. 3A
View A

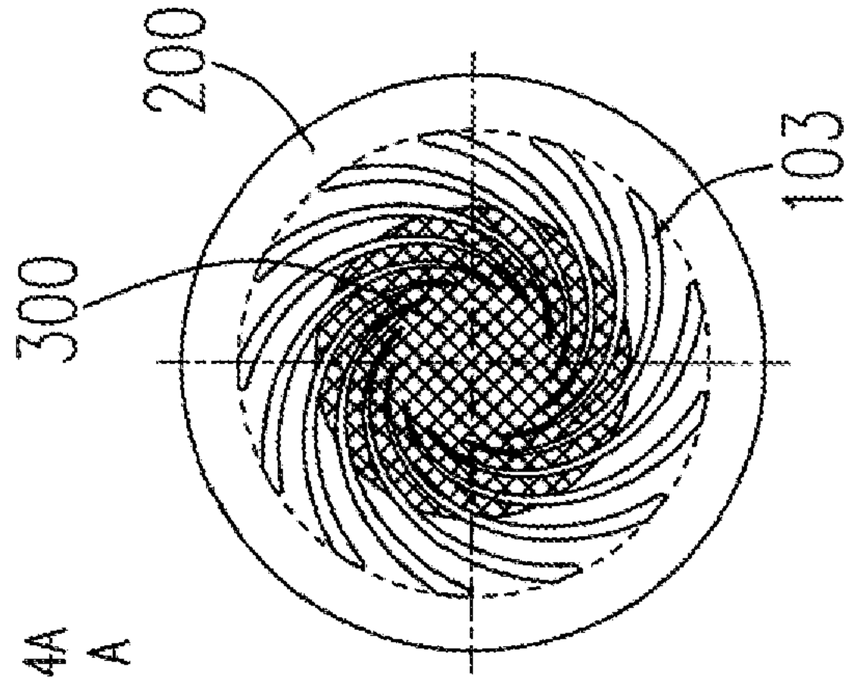


Fig. 4A
View A

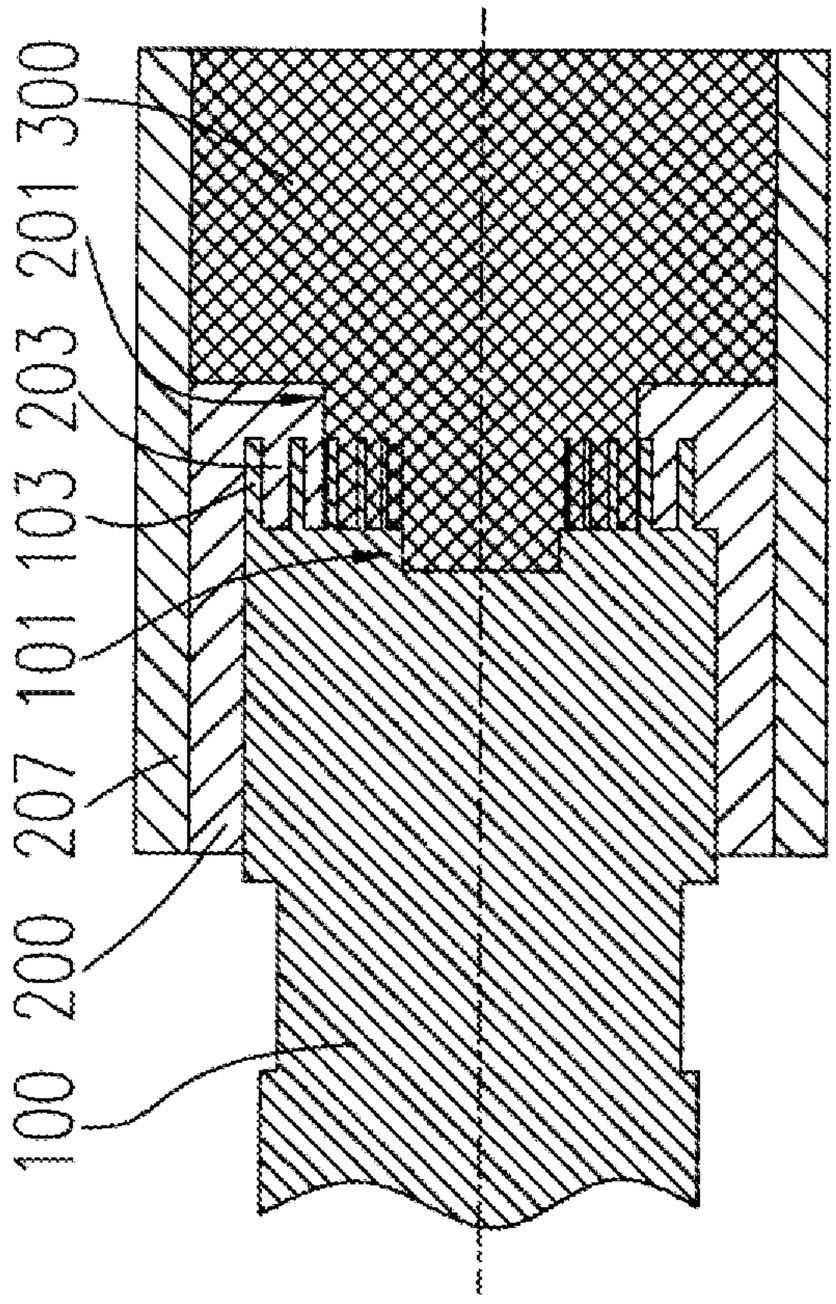


Fig. 3

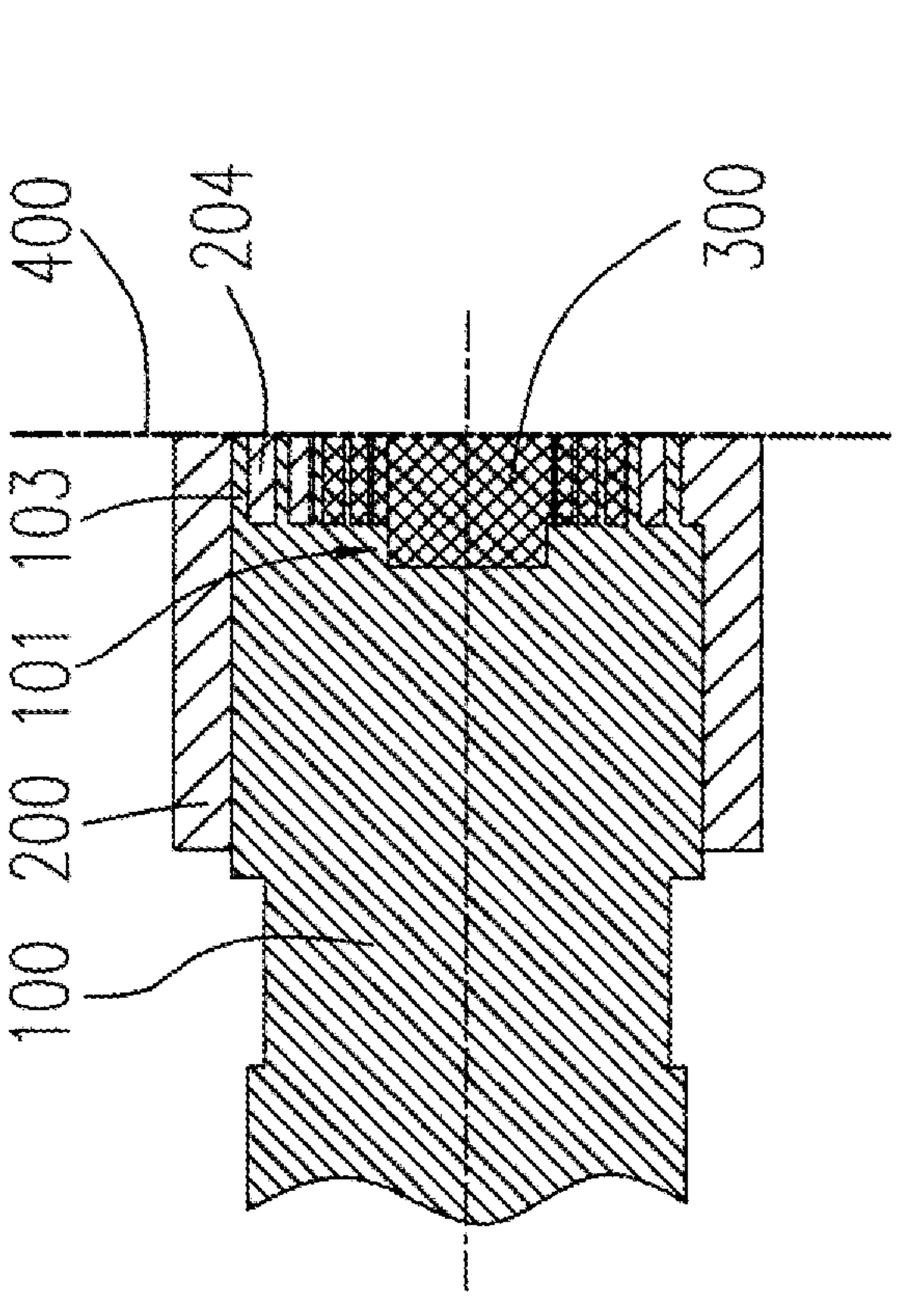


Fig. 4

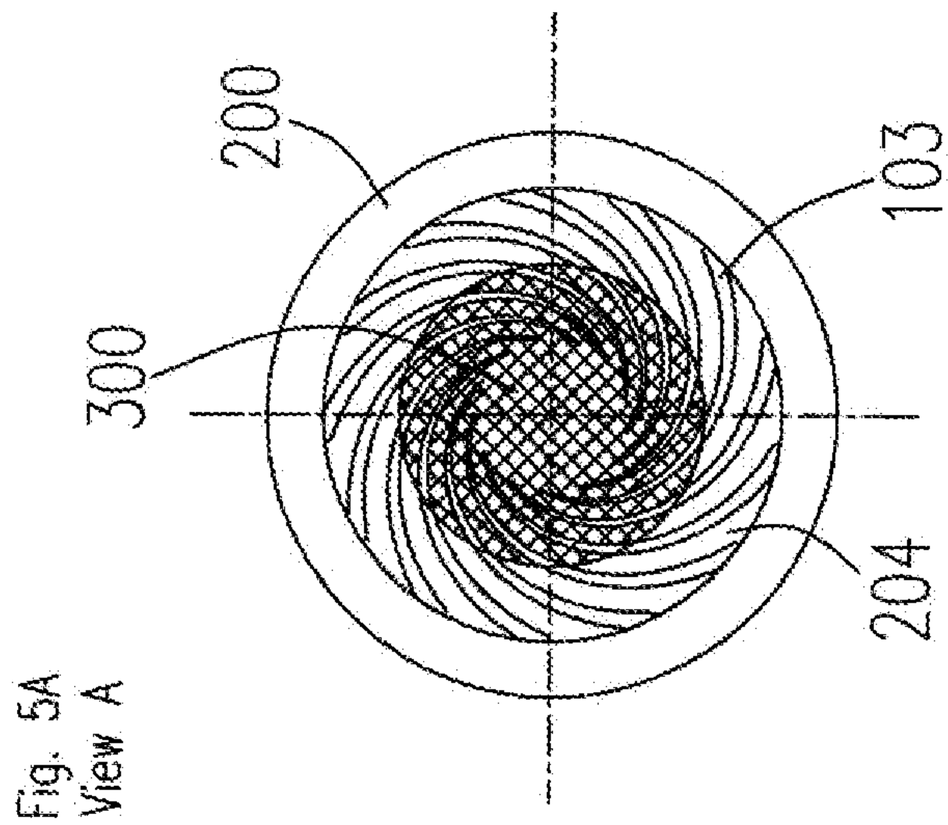


Fig. 5A
View A

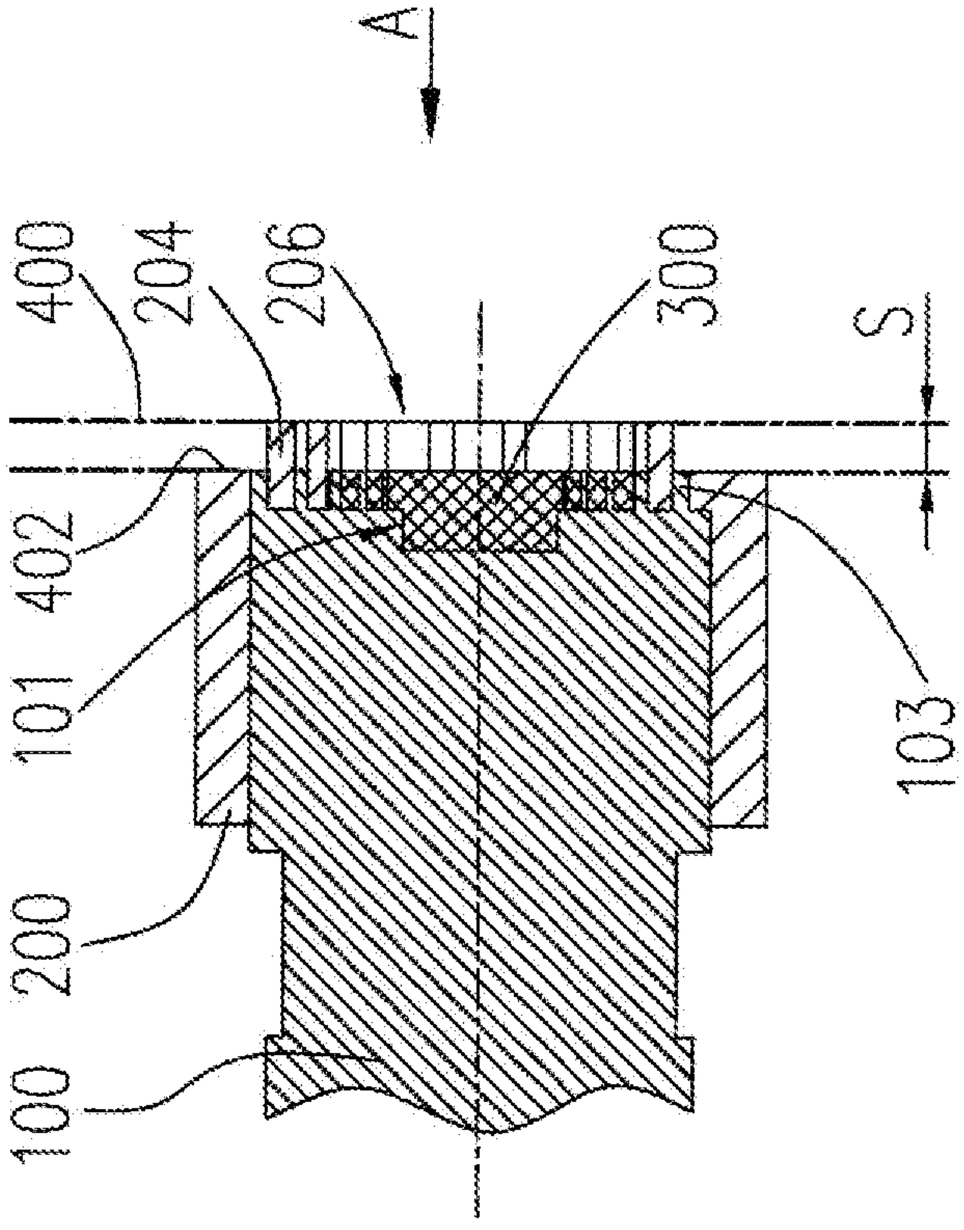


Fig. 5

4/4

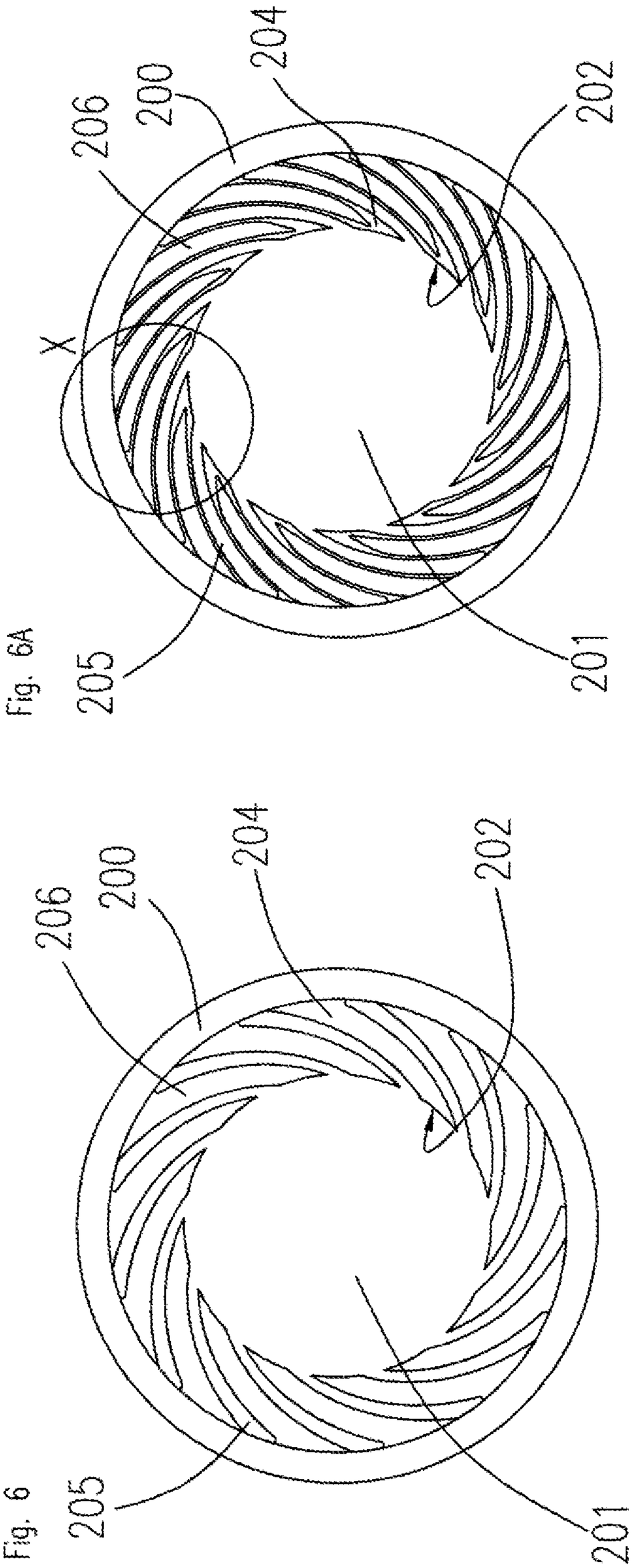


Fig. 6A

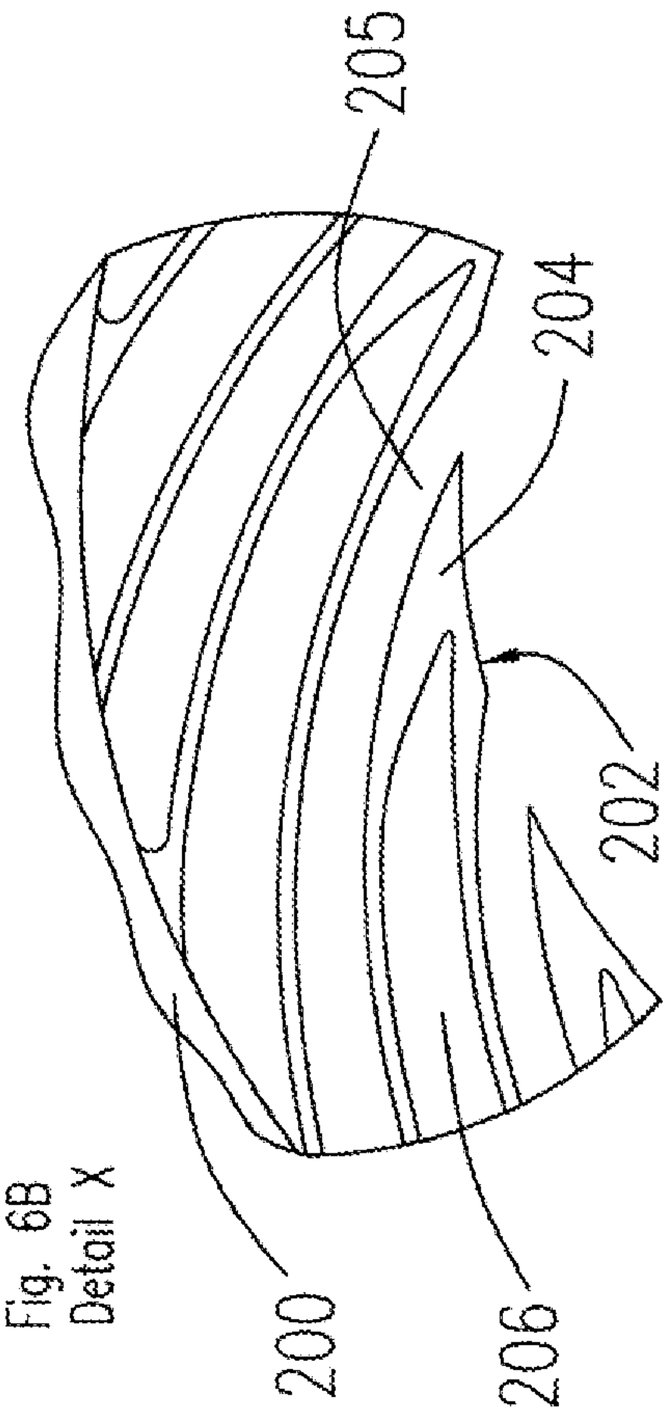


Fig. 6B
Detail X

Fig. 6