



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.03.2014 Patentblatt 2014/13

(51) Int Cl.:
B04C 5/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13004254.2**

(22) Anmeldetag: **29.08.2013**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **22.09.2012 DE 102012018783**

(71) Anmelder: **Hydac Process Technology GmbH**
66538 Neunkirchen (DE)

(72) Erfinder:
• **Schlichter, Bernhard**
66123 Saarbrücken (DE)
• **Kimmerle, Klaus**
66424 Homburg (DE)
• **Schwinn, Karsten**
66822 Lebach (DE)
• **Braun, Gerhard**
66346 Püttlingen (DE)

(74) Vertreter: **Bartels & Partner**
Lange Strasse 51
70174 Stuttgart (DE)

(54) **Hydrozyklon**

(57) Ein Hydrozyklon (10) zur Auftrennung eines strömungsfähigen Gemisches aus mehreren Phasen mit unterschiedlichen Dichten, umfassend mindestens einen Einströmraum (28) zur Zufuhr des aufzutrennenden Phasengemisches mit einer vorgebbaren Einströmgeschwindigkeit (48) in mindestens einen sich an den jeweiligen Einströmraum (28) anschließenden Zyklonraum (30), welcher vom Phasengemisch zur Auftrennung zyklonartig durchströmbar ist, wobei dem Einströmraum (28) und/oder dem Zyklonraum (30) mindestens ein geformtes Teil (40, 40', 47, 47', 52, 52') zugeordnet ist, welches vom Phasengemisch mit der vorgebbaren

Einströmgeschwindigkeit (48) zur Aufteilung in mindestens eine Tangentialgeschwindigkeitskomponente und mindestens eine Axialgeschwindigkeitskomponente an- oder durchströmbar ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Teile (40-52') derart geformt ist, dass das dem jeweiligen Zyklonraum (30) zugeführte Phasengemisch zumindest in einem sich unmittelbar an den jeweiligen Einströmraum (28) anschließenden Zyklonbereich (49) ein iso-kinetisches Strömungsverhalten mit im Wesentlichen konstanter Axialgeschwindigkeitskomponente aufweist.

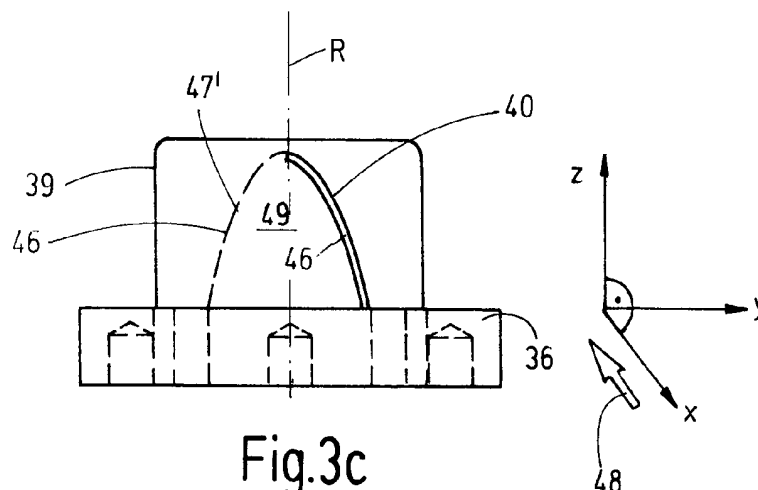


Fig.3c

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hydrozyklon, insbesondere Gleichstrom-Hydrozyklon, zur Auftrennung eines strömungsfähigen Gemisches aus mehreren Phasen mit unterschiedlichen Dichten, umfassend mindestens einen Einströmraum zur Zufuhr des aufzutrennenden Phasengemisches mit einer vorgebbaren Einströmgeschwindigkeit in mindestens einen sich an den jeweiligen Einströmraum anschließenden Zyklonraum, welcher vom Phasengemisch zur Auftrennung zyklonartig durchströmbar ist, wobei dem Einströmraum und/oder dem Zyklonraum mindestens ein geformtes Teil zugeordnet ist, welches vom Phasengemisch mit der vorgebbaren Einströmgeschwindigkeit zur Aufteilung in mindestens eine Tangentialgeschwindigkeitskomponente und mindestens eine Axialgeschwindigkeitskomponente an- oder durchströmbar ist.

[0002] In einem Hydrozyklon, auch Trennapparat oder Fliehkraftabscheider genannt, werden die einzelnen Phasen entsprechend ihrer jeweiligen Dichte im Zyklonraum unterschiedlich stark beschleunigt, so dass eine dichtere Phase radial nach außen und eine weniger dichte Phase radial nach innen transportiert wird. Eine dichtere Phase wird am äußeren Rand des Zyklonraums und eine weniger dichte Phase aus dem Inneren bzw. der Mitte des Zyklonraums abgezogen. Die einzelnen, zunächst miteinander vermischten Phasen können jeweils fest, flüssig oder gasförmig sein, wobei die Feststoffe in der Regel in einer Flüssigkeit oder einem Gas suspendiert sind. Mittels des Hydrozyklons können Auftrennungen zwischen flüssig/flüssig, fest/flüssig sowie flüssig/gasförmig vorgenommen werden, wobei auch noch mehr Phasen aufgetrennt werden können, also beispielsweise fest/flüssig/gasförmig.

[0003] Mit der Zufuhr des aufzutrennenden Phasengemisches in den Hydrozyklon, genauer in dessen Zyklonraum, wird die für die Trennarbeit nötige Energie in Form von Bewegungsenergie zugeführt. Über das mindestens eine geformte Teil, beispielsweise Apparatewände, werden der Strömungsweg, auch Verfahrensweg genannt, der Phasen im Zyklonraum und die entsprechenden Geschwindigkeitskomponenten vorgegeben. Bei der entsprechenden Beeinflussung bzw. Richtungsänderung des strömenden Phasengemisches treten insbesondere durch Reibung und Strömungswiderstände am jeweiligen Teil Energieverluste auf. Von daher werden Ausgestaltungen mit möglichst geringen Energieverlusten an den geformten Teilen angestrebt. Weiter wird das strömungsfähige Gemisch durch Reibung an den Apparatewänden bzw. Wandteilen abgebremst, weshalb eine Minimierung der Fläche des Wandkontaktes erstrebenswert ist. Weiter können entlang des Strömungs- bzw. Verfahrensweges des Phasengemisches bzw. der aufzutrennenden Phasen im Zyklonraum örtliche Geschwindigkeitsunterschiede auftreten, was zu einer unerwünschten erneuten Vermischung, anders ausgedrückt Rückvermischung, der einzelnen Phasen führen kann.

[0004] Um Turbulenzen und entsprechend eine Rückvermischung im Zyklonraum zu verringern, ist bei einem aus GB 2 353 236 A bekannten, gattungsgemäßen Hydrozyklon ein besonders geformter, doppelt tangentialer Zulauf ausgebildet. Im Einströmraum sind den beiden Zuläufen jeweils eine im Bezug zur Einströmebene geneigte, zum Zyklonraum führende, spiralförmige Rampe zugeordnet. Hierdurch wird im Zyklonraum ein derartiges Strömungsverhalten erzeugt, dass in einem radial außenliegenden Bereich eine größere Axialgeschwindigkeitskomponente als in einem radial innenliegenden Bereich vorgegeben wird. Bei dem bekannten Hydrozyklon wird somit ein turbulenzfreies Einströmen des Phasengemisches in den Zyklonraum gewährleistet.

[0005] Demgegenüber stellt sich die Aufgabe, mit einem geringen konstruktiven Aufwand eine Rückvermischung der im Zyklonraum voneinander zu trennenden Phasen zu minimieren und dabei die Energieverluste beim Beeinflussen der Strömung am jeweiligen geformten Teil gering zu halten.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Hydrozyklon, insbesondere Gleichstrom-Hydrozyklon, mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 in seiner Gesamtheit. Ein erfindungsgemäßer Hydrozyklon zeichnet sich dadurch aus, dass zumindest eines der Teile derart geformt ist, dass das dem jeweiligen Zyklonraum zugeführte Phasengemisch zumindest in einem sich unmittelbar an den jeweiligen Einströmraum anschließenden Zyklonbereich ein iso-kinetisches Strömungsverhalten mit im Wesentlichen konstanter Axialgeschwindigkeitskomponente aufweist. Durch die im Wesentlichen konstante Axialgeschwindigkeit des aufzutrennenden Phasengemisches, zumindest im einlauf- bzw. einström-nahen Zyklonbereich, werden Geschwindigkeitsunterschiede beseitigt oder zumindest verkleinert und die entsprechenden Rückvermischungseffekte im Zyklonraum minimiert.

[0007] Weiter kann zumindest eines der Teile derart geformt sein, dass das Phasengemisch zumindest im Zyklonbereich ein weiter derart iso-kinetisches Strömungsverhalten aufweist, dass in einer jeweiligen Radialebene zum Zyklonraum die jeweiligen Tangentialgeschwindigkeitskomponenten eine im Wesentlichen konstante Winkelgeschwindigkeit vorgeben. Hieraus ergibt sich der Vorteil der Ausbildung einer Art Starrkörperströmung mit minimierten Tangentialgeschwindigkeitsunterschieden und entsprechend minimierten Reibungsverlusten.

[0008] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Hydrozyklons wird insbesondere erreicht, dass die Menge an ruhendem Zentralf fluid minimiert ist und im Idealfall nicht mehr existent ist, da keinerlei Fluidelemente im Zyklonbereich eine geringere Geschwindigkeit besitzen als die örtliche Zulaufgeschwindigkeit bzw. die jeweilige Geschwindigkeitskomponente der Einströmgeschwindigkeit, dass die Axialgeschwindigkeit im Zyklonbereich in jeder Radialebene im Wesentlichen gleich ist, und dass sich zumindest im Zyklonbereich eine Strömung, ähnlich einer Starrkörperströmung mit im Wesentlichen konstanter Winkelgeschwindigkeit ausbildet. Bei zumindest gleichem, optimalerweise verringertem,

Energieeinsatz wird die Trennwirkung, d.h. die Funktionsweise, eines erfindungsgemäßen Hydrozyklons verbessert.

[0009] Vorzugsweise folgt das jeweilige Teil in zumindest einer die Richtung der Einstömgeschwindigkeit, bevorzugt senkrecht, schneidenden Ebene zumindest teilweise einem, bevorzugt konkav, gekrümmten Verlauf. Das zur Ausbildung eines iso-kinetischen Strömungsverhaltens geformte Teil ist beispielsweise ein vom Phasengemisch anströmbares Wandteil, wobei der Begriff "anströmbare" auch den Begriff "umströmbare" umfasst, oder eine vom Phasengemisch durchströmbare Fluidöffnung, wie eine Einstömöffnung. Mit einer entsprechend gekrümmten Kontur des Wandteils bzw. der die Fluidöffnung um- und vorgebenden Randbereiche ist mit einem geringen konstruktiven Aufwand eine erfindungsgemäße Ausgestaltung des Hydrozyklons erreichbar. Die jeweilige die Einstömrichtung schneidende Ebene gibt eine Querschnittsfläche des Strömungsweges bzw. Strömungsraums des zugeführten, einströmenden Phasengemisches vor.

[0010] Besonders bevorzugt ist der gekrümmte Verlauf in der jeweiligen Ebene in einem kartesischen Koordinatensystem ($x=0$, y , z) durch folgende Formel beschreibbar:

$$y = D(z) := D_0 \sqrt{\frac{4B_{zu} \cdot (z - z_{zu})}{\pi \cdot D_{zu}^2} + 1} \quad (1)$$

wobei die z -Achse senkrecht zur Richtung der Einstömgeschwindigkeit verläuft und den Konstanten D_0 , B_{zu} , z_{zu} , D_{zu} geometrische Größen des Hydrozyklons und seines Beschickungsrohres zuordenbar sind. Bei einer die Richtung der Einstömgeschwindigkeit senkrecht schneidenden Ebene fallen die Richtung der Einstömgeschwindigkeit und die x -Achse zusammen oder verlaufen zueinander parallel.

[0011] Ein Zulaufvolumenstrom $\dot{V}_{zu}$ führt mit einer Zulaufgeschwindigkeit W_{zu} entsprechend dem Zusammenhang

$$\dot{V}_{zu} = A_{zu} \cdot W_{zu} = \pi \cdot \frac{D_{zu}^2}{4} \cdot W_{zu} = B_{zu} \cdot z_{zu} \cdot W_{zu} \quad (1.1)$$

und somit ist

$$\frac{4 \cdot \dot{V}_{zu}}{W_{zu}} = \pi \cdot D_{zu}^2 \cdot \quad (1.2)$$

[0012] Damit kann

$$D(z) = D_0 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot B_{zu}}{\pi \cdot D_{zu}^2} \cdot (z - z_{zu}) + 1} \quad (1.3)$$

auch als

$$D(z) = D_0 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot B_{zu}}{\frac{4 \cdot \dot{V}_{zu}}{W_{zu}}} \cdot (z - z_{zu}) + 1} \quad (1.4)$$

und

$$D(z) = D_0 \cdot \sqrt{\frac{W_{zu} \cdot B_{zu}}{\dot{V}_{zu}} \cdot (z - Z_{zu}) + 1} \quad (1.5)$$

5

geschrieben werden. D_{zu} ist dabei der Durchmesser des Beschickungsrohres.

10 **[0013]** Beispielsweise ist D_0 der maximale Durchmesser des Zyklonraums und entspricht insoweit dem Innendurchmesser eines den Zyklonraum vorgebenden zylindrischen Segments bzw. eines entsprechenden Hauptrohres des Hydrozyklons. Bei einer rechteckigen Einströmgeometrie gibt B_{zu} dessen Breite (in y-Richtung) und Z_{zu} dessen Höhe (in z-Richtung) an. Mit D_{zu} wird der Durchmesser des Einströmbereichs bzw. des tangentialen Zulaufs, insbesondere in Form eines Beschickungsrohres, in Bezug zur Axialachse des Zyklonraums bzw. des Hydrozyklons angegeben. Somit ergibt sich aus der oben angegebenen Formel der Durchmesser $D(z)$ des den Zyklonbereich vorgebenden Wandteils als Funktion der Höhe z , ausgehend von einer unteren, dem weiteren Zyklonraum zugeordneten Seite der rechteckförmigen Einströmgeometrie, vor. Entsprechend ergibt sich aus der oben angegebenen Formel der Verlauf einer Fluidöffnung bzw. der diese vorgebenden Randbereiche, wobei die entsprechende Fluidöffnung bevorzugt in einer die Einströmrichtung senkrecht schneidenden Ebene angeordnet ist.

15 **[0014]** In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hydrozyklons ist zwischen dem jeweiligen Einströmraum und dem jeweiligen Zyklonraum mindestens eine vom zuzuführenden Phasengemisch zu durchströmende Einströmöffnung vorgesehen. Die jeweilige Einströmöffnung kann zumindest teilweise dem gekrümmten Verlauf folgen. Auf diese Weise gestaltet sich die Einstellung eines iso-kinetischen Strömungsverhaltens des dem Zyklonraum zugeführten bzw. in diesen einströmenden Phasengemisches besonders einfach.

20 **[0015]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hydrozyklons ist dem Einströmraum und/oder dem Zyklonraum mindestens ein Wandteil mit einer zumindest teilweise dem gekrümmten Verlauf folgenden Wandkontur zugeordnet, insbesondere wobei das jeweilige Wandteil mit der entsprechend gekrümmten Wandkontur benachbart zur jeweiligen Einströmöffnung angeordnet ist. Durch die bevorzugt konkav zur Richtung der Einströmgeschwindigkeit gekrümmten Wandteile werden Turbulenzen beim Eintritt des Phasengemisches in den Zyklonraum, genauer in den Zyklonbereich, weitestgehend vermieden und das zuströmende Phasengemisch mit geringstmöglichen Energieverlusten in entsprechende Tangential- und Axialgeschwindigkeitskomponenten einer Zyklonbewegung bzw. zyklonartigen Strömung aufgeteilt.

25 **[0016]** Eine besonders kompakte Bauweise eines erfindungsgemäßen Hydrozyklons wird dadurch erreicht, dass die jeweilige Einströmöffnung und/oder das jeweilige Wandteil an mindestens einem Einsatzteil ausgebildet ist, welches im Hydrozyklon den jeweiligen Einströmraum und den jeweiligen Zyklonraum jeweils zumindest teilweise ausbildet. Ein derartiges Einsatzteil kann bedarfsgerecht gefertigt und baukastenartig mit anderen Bauteilen, wie zylindrischen und konischen Segmenten, zu einem erfindungsgemäßen Hydrozyklon zusammengebaut werden. Die Erfindung betrifft weiter ein derartiges Einsatzteil für einen Hydrozyklon.

30 **[0017]** Das jeweilige Einsatzteil kann ein Zylinderteil oder ein Kegelteil aufweisen, in dessen Außenmantel die jeweilige Einströmöffnung ausgebildet ist, und dessen Innenraum, bevorzugt benachbart zur jeweiligen Einströmöffnung, mindestens ein inneres Wandteil zur Ausbildung des Zyklonbereichs für den zugeordneten Zyklonraum aufweist. Erfindungsgemäß geformte Teile können die jeweilige Einströmöffnung, zumindest ein dem Zyklonraum zugeordnetes, inneres Wandteil und/oder zumindest ein dem Einströmraum zugeordnetes, äußeres Wandteil sein und jeweils die entsprechend gekrümmte Kontur, hier eine Öffnungskontur oder eine Wandkontur, aufweisen.

35 **[0018]** Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Figuren und der nachfolgenden Beschreibung der Zeichnung. Die vorstehend genannten und die weiter angeführten Merkmale können jeweils einzeln oder in beliebigen Kombinationen an einem erfindungsgemäßen Hydrozyklon oder an einem erfindungsgemäßen Einsatzteil realisiert sein. Die in den Figuren gezeigten Merkmale sind rein schematisch und nicht maßstäblich zu verstehen. Es zeigt:

Fig. 1a und 1b einen aus dem Stand der Technik bekannten Hydrozyklon sowie dessen Bauteile;

50 Fig. 2 ein zylindrisches Segment als Bauteil für einen Hydrozyklon;

Fig. 3a bis 3c ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß ausgestalteten Einsatzteils für einen Hydrozyklon;

55 Fig. 4a und 4b jeweils in vereinfachter Darstellung einen Schnitt durch und eine Draufsicht auf ein erfindungsgemäß ausgestaltetes Bauteil zur Veranschaulichung der Funktionsweise des erfindungsgemäßen Hydrozyklons;

Fig. 5a und 5b jeweils eine Darstellung entsprechend den Fig. 4a und 4b zur Veranschaulichung einer alternativen Ausgestaltung eines erfindungsgemäß ausgestalteten Bauteils;

Fig. 6a bis 6d ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß ausgestalteten Einsatzteils für einen Hydrozyklon; und

Fig. 7a bis 7d ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß ausgestalteten Einsatzteils für einen Hydrozyklon.

[0019] Fig. 1a zeigt einen Hydrozyklon 10 mit einem Zulauf 12 als Fluideingang für ein Phasengemisch, einem Unterlauf 14 und einem Oberlauf 16 als Fluidausgänge für voneinander getrennte Phasen. Der Hydrozyklon 10 ist baukastenartig aus mehreren Bauteilen bzw. Komponenten zusammengesetzt, zwei ersten zylindrischen Segmenten 18a, 18b, einem ersten konischen Segment 20, einem zweiten zylindrischen Segment 22, einem zweiten konischen Segment 24 und einem dritten zylindrischen Segment 26. Die beiden dem Zulauf 12 zugeordneten ersten zylindrischen Segmente 18a, 18b bilden einen Einströmraum 28 für das über den Zulauf 12 in den Hydrozyklon 10 einströmende Phasengemisch aus. Das erste und das zweite konische Segment 20, 24 sowie das zweite zylindrische Segment 22, welches eine Art Hauptrohr des Hydrozyklons 10 darstellt, bilden einen Zyklonraum 30 aus, welcher vom Phasengemisch zyklonartig durchströmt werden kann zur Auftrennung in einzelne, hier zwei, Phasen. Das dem Unterlauf 14 sowie dem Oberlauf 16 zugeordnete dritte zylindrische Segment 26 bildet einen Ausströmraum 32 für die einzelnen, voneinander getrennten Phasen aus, welche über den Unterlauf 14 und den Oberlauf 16 aus dem Hydrozyklon 10 abgeführt werden können.

[0020] In Fig. 1b sind einzelne Bauteile bzw. Komponenten des in Fig. 1a als Ganzes gezeigten Hydrozyklons 10 dargestellt. An dem ersten zylindrischen Segment 18a ist eine Kreisöffnung 33 als Fluideinlass ausgebildet. Die Darstellung der Fig. 1b zeigt, dass am ersten zylindrischen Segment 18a zwei tangentiale Zuläufe 12a, 12b, welche typischerweise punktsymmetrisch zur Rotationsachse R des Hydrozyklons 10 angeordnet sind, ausgebildet sein können. Am jeweiligen Bauteil bzw. der jeweiligen Komponente sind jeweils ein oder zwei flanschartige Verbindungsteile 36 ausgebildet.

[0021] In Fig. 1b ist weiter ein Einsatzteil 38 gezeigt, welches im in Fig. 1a gezeigten, zusammengesetzten Zustand des Hydrozyklons 10 innerhalb des in Fig. 1a unteren ersten zylindrischen Segments 18b angeordnet ist. Das Einsatzteil 38 weist neben seinem Verbindungsteil 36 ein Zylinderteil 39 auf, in dessen Außenmantel eine Einströmöffnung 40 ausgebildet ist. Im Innenraum des Zylinderteils 39 ist ein innerer Wandteil 47 ausgebildet, welches insoweit den Zyklonraum 30 teilweise, genauer dessen oberen Endbereich, vorgibt. Das innere Wandteil 47 ist rotationssymmetrisch zur Rotationsachse R ausgebildet und zu dieser geneigt. Durch die derart geformten und angeordneten Teile, die Einströmöffnung 40 und das innere Wandteil 47, wird eine Einströmgeschwindigkeit 48 des am Zulauf 12a in tangentialer Richtung einströmenden Phasengemisches in eine Axialgeschwindigkeitskomponente, parallel zur Rotationsachse R, und in eine Tangentialgeschwindigkeitskomponente, in einer Radialebene zur Rotationsachse R verlaufend, aufgeteilt. Auf diese Weise wird die zyklonartige Strömung des Phasengemisches bzw. der Phasen im Zyklonraum 30 vorgegeben und die zur Trennung der einzelnen Phasen erforderliche Energie aus der Bewegungsenergie des vom Einströmraum 28 dem Zyklonraum 30 zugeführten Phasengemisches erzeugt.

[0022] Im unteren Endbereich des Zyklonraums 30 im zweiten konischen Segment 24 wird eine radial nach innen geführte Phase mit einer geringeren Dichte über ein Innenrohr 35 des Oberlaufs 16 nach unten abgezogen. Zur Lagestabilisierung des Innenrohres 35 kann ein konisch zulaufendes, in das zweite konische Segment 24 ragendes Innenteil 34 am dritten zylindrischen Segment 26 ausgebildet sein. Über den Unterlauf 14 wird im Bereich des dritten zylindrischen Segments 26 eine radial nach außen geführte Phase mit einer höheren Dichte tangential oder radial nach außen abgezogen.

[0023] Fig. 2 zeigt ein weiteres zylindrisches Segment 18 für einen erfindungsgemäßen Hydrozyklon. Das zylindrische Segment 18 ist haubenartig mit einem Deckel an der Oberseite und einer Öffnung 41 an der Unterseite ausgebildet. An der unteren Stirnfläche 42 sind Befestigungslöcher 44 zur Verbindung des zylindrischen Segments 18 mit weiteren Segmenten bzw. Bauteilen des Hydrozyklons 10 ausgebildet. Das haubenartige zylindrische Segment 18 kann auf ein in Fig. 1b exemplarisch dargestelltes Einsatzteil 38 aufgesetzt werden und insoweit einen Einströmraum ausbilden, wobei der am zylindrischen Segment 18 auszubildende, bevorzugt tangentiale Zulauf in Fig. 2 nicht gezeigt ist.

[0024] Fig. 3a zeigt in perspektivischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß ausgestalteten Einsatzteils 38. Das Einsatzteil 38 weist ein Zylinderteil 39 und ein flanschartiges Verbindungsteil 36 auf. An der Oberseite des Verbindungsteils 36 sind Befestigungslöcher 44' ausgebildet, welche korrespondierend zu den Verbindungslöchern 44 des zylindrischen Segments 18 aus Fig. 2 ausgebildet sein können. Gemeinsam mit dem Bauteil bzw. dem zylindrischen Segment 18 aus Fig. 2 kann das Einsatzteil 38 einen Einströmraum 28 in einem Hydrozyklon 10 vorgeben. Den Schnittdarstellungen der Fig. 3b und 3c ist entnehmbar, dass das Einsatzteil 38 an seiner Innenseite, anders ausgedrückt in seinem Innenraum, einen Zyklonbereich 49 des Zyklonraums 30 vorgibt. Zumindest im Bereich des Zylinderteils 39 ist der Zyklonbereich 49 kegelstumpfförmig ausgebildet und wird durch innere Wandteile 47, 47'

begrenzt bzw. vorgegeben. Die inneren Wandteile 47, 47' sind rotationssymmetrisch zur Rotationsachse R des Einsatzteils 38 ausgebildet.

[0025] Die Wandteile 47, 47' weisen jeweils eine konkav gekrümmte Wandkontur 46 auf. Auch die die Einströmöffnung 40 vorgegebenden Randbereiche, anders ausgedrückt der Öffnungsschlitz, folgen diesem gekrümmten Verlauf, welcher zur Einstellung eines iso-kinetischen Strömungsverhaltens im Zyklonbereich 49 gewählt ist. In Fig. 3c ist ein Schnitt in einer die Richtung der Einströmgeschwindigkeit 48 senkrecht schneidenden Ebene ($x=0$, y , z) und ein zugehöriges kartesisches Koordinatensystem x , y , z gezeigt. Die zugehörige x -Achse verläuft parallel zur Einströmgeschwindigkeit 48.

[0026] Fig. 4a zeigt einen Schnitt durch einen beispielsweise vom zylindrischen Segment 22 vorgegebenen Zyklonraum 30 und den durch konturierte Teile vorgegebenen Zyklonbereich 49. Die entsprechenden Wandteile 47, 47' sind ebenso wie die Einströmöffnungen 40, 40' einem gekrümmten Verlauf folgend ausgebildet. Auf diese Weise wird beim Durch- bzw. Eintritt des Phasengemisches mit der Einströmgeschwindigkeit 48, 48' das gewünschte iso-kinetische Strömungsverhalten im Zyklonbereich 49 eingestellt. Die jeweils die Wandkontur 46 aufweisenden Einströmöffnungen 40, 40' sowie die Wandteile 47, 47' stoßen an einem Mittelpunkt M, welcher auf der Rotationsachse R des Zyklonraums 30 liegt, aufeinander. Die Draufsicht der Fig. 4b veranschaulicht, dass über diametral, anders ausgedrückt punktsymmetrisch zum Mittelpunkt M, angeordnete Zuläufe (nicht gezeigt) das Phasengemisch mit der jeweiligen Einströmgeschwindigkeit 48, 48' vom Einströmraum 28 durch die jeweilige Einströmöffnung 40, 40' in den Zyklonbereich 49 des Zyklonraums 30 gelangt. Die konkav gekrümmte Kontur 46 der geformten Teile 40, 40', 47, 47' bewirkt das iso-kinetische Strömungsverhalten des zugeführten Phasengemisches zumindest im Zyklonbereich 49 des Zyklonraums 30.

[0027] Die Darstellung der Fig. 5a und 5b unterscheidet sich von der der Fig. 4a und 4b dadurch, dass die jeweilige Einströmöffnung 40, 40' gerade, d.h. ohne Krümmung, ausgebildet ist, und dass das jeweilige Wandteil 47, 47' mit der gekrümmten Wandkontur 46 invers angeordnet ist. Die Wandteile 47, 47' treffen am Mittelpunkt M aneinander, welcher im gezeigten Beispiel auf der Höhe bzw. axialen Position des unteren Endes der symmetrisch zueinander ausgebildeten Einströmöffnungen 40, 40' angeordnet ist. Auf diese Weise wird erreicht, dass sämtliche an der jeweiligen Einströmöffnung 40, 40' eintretenden Fluidkomponenten des Phasengemisches vom jeweiligen Wandteil 47, 47' in der gewünschten Weise beeinflusst werden. Fig. 5a veranschaulicht, dass bei einer derartigen Ausgestaltung der Zyklonbereich 49 torusartig um einen radial innenliegenden Freiraum 54 ausgebildet und angeordnet ist. Typischerweise ist ein in Fig. 5a nicht gezeigter geschlossener Deckel am Bauteil bzw. Segment 22 ausgebildet, so dass der Draufsicht der Fig. 5b die gekrümmte Ausgestaltung der Wandteile 47, 47' nicht entnehmbar ist.

[0028] Das in den Fig. 6a bis 6d gezeigte zweite Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäß ausgestaltetes Einsatzteil 38 weist ein Kegelteil 50 und ein ringförmiges Verbindungsteil 36 auf. Neben zwei Einströmöffnungen 40, 40' im Außenmantel des Kegelteils 50 sind sowohl innere, dem Zyklonraum 30 bzw. dem Zyklonbereich 59 zugeordnete innere Wandteile 47, 47' als auch dem Einströmraum 28 zugeordnete äußere Wandteile 52, 52' am Einsatzteil 38 ausgebildet. Die flankenartig außen am Kegelteil 50 des Einsatzteils 38 ausgebildeten äußeren Wandteile 52, 52' schließen sich, wie die inneren Wandteile 47, 47', unmittelbar an die jeweilige Einströmöffnung 40, 40' an und geben insoweit die Einlaufgeometrie für das zur jeweiligen Einströmöffnung 40, 40' strömende Phasengemisch vor. Erfindungsgemäß können die inneren Wandteile 47, 47', die äußeren Wandteile 52, 52' sowie die Einströmöffnungen 40, 40', genauer die diese vor- und umgebenden Randbereiche, gekrümmt ausgebildet sein. Die Funktionsweise des zweiten Ausführungsbeispiels entspricht der Darstellung der Fig. 4a und 4b.

[0029] In den Fig. 7a bis 7d ist ein drittes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäß ausgestaltetes Einsatzteil 38 gezeigt. Die Funktionsweise des dritten Ausführungsbeispiels entspricht der Darstellung der Fig. 5a und 5b. Dementsprechend sind die äußeren Wandteile 52, 52' sowie die Einströmöffnungen 40, 40' jeweils gerade, d.h. ohne Krümmung, ausgebildet und lediglich die im Inneren des Zylinderteils 39 angeordneten inneren Wandteile 47, 47' jeweils geformt und mit der entsprechend konkav gekrümmten Wandkontur 46 versehen.

Patentansprüche

1. Hydrozyklon (10) zur Auftrennung eines strömungsfähigen Gemisches aus mehreren Phasen mit unterschiedlichen Dichten, umfassend mindestens einen Einströmraum (28) zur Zufuhr des aufzutrennenden Phasengemisches mit einer vorgebbaren Einströmgeschwindigkeit (48) in mindestens einen sich an den jeweiligen Einströmraum (28) anschließenden Zyklonraum (30), welcher vom Phasengemisch zur Auftrennung zyklonartig durchströmbar ist, wobei dem Einströmraum (28) und/oder dem Zyklonraum (30) mindestens ein geformtes Teil (40, 40', 47, 47', 52, 52') zugeordnet ist, welches vom Phasengemisch mit der vorgebbaren Einströmgeschwindigkeit (48) zur Aufteilung in mindestens eine Tangentialgeschwindigkeitskomponente und mindestens eine Axialgeschwindigkeitskomponente an- oder durchströmbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der Teile (40-52') derart geformt ist, dass das dem jeweiligen Zyklonraum (30) zugeführte Phasengemisch zumindest in einem sich unmittelbar an den jeweiligen Einströmraum (28) anschließenden Zyklonbereich (49) ein iso-kinetisches Strömungsverhalten mit im Wesentlichen konstanter Axialgeschwindigkeitskomponente aufweist.

2. Hydrozyklon nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der Teile (40-52') derart geformt ist, dass das Phasengemisch zumindest im Zyklonbereich (49) ein weiter derart iso-kinetisches Strömungsverhalten aufweist, dass in einer jeweiligen Radialebene zum Zyklonraum (30) die jeweiligen Tangentialgeschwindigkeitskomponenten eine im Wesentlichen konstante Winkelgeschwindigkeit vorgeben.

3. Hydrozyklon nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das jeweilige Teil (40-52') in zumindest einer die Richtung der Einströmgeschwindigkeit (48), bevorzugt senkrecht, schneidenden Ebene zumindest teilweise einem gekrümmten Verlauf folgt.

4. Hydrozyklon nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gekrümmte Verlauf in der jeweiligen Ebene in einem kartesischen Koordinatensystem ($x=0, y, z$) durch folgende Formel beschreibbar ist:

$$y = D(z) := D_0 \sqrt{\frac{4B_{zu} \cdot (z - z_{zu})}{\pi \cdot D_{zu}^2} + 1} \quad ,$$

wobei die z-Achse senkrecht zur Richtung der Einströmgeschwindigkeit (48) verläuft und den Konstanten ($D_0, B_{zu}, Z_{zu}, D_{zu}$) geometrische Größen des Hydrozyklons (10) zuordenbar sind.

5. Hydrozyklon nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem jeweiligen Einströmraum (28) und dem jeweiligen Zyklonraum (30) mindestens eine vom zuzuführenden Phasengemisch zu durchströmende Einströmöffnung (40, 40') vorgesehen ist.

6. Hydrozyklon nach Anspruch 3 und 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweilige Einströmöffnung (40, 40') zumindest teilweise dem gekrümmten Verlauf folgt.

7. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Einströmraum (28) und/oder dem Zyklonraum (30) mindestens ein Wandteil (47, 47', 52, 52') mit einer zumindest teilweise dem gekrümmten Verlauf folgenden Wandkontur (46) zugeordnet ist, insbesondere wobei das jeweilige Wandteil (47-52') mit der entsprechend gekrümmten Wandkontur (46) benachbart zur jeweiligen Einströmöffnung (40, 40') angeordnet ist.

8. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweilige Einströmöffnung (40, 40') und/oder das jeweilige Wandteil (47, 47', 52, 52') an mindestens einem Einsatzteil (38) ausgebildet ist, welches im Hydrozyklon (10) den jeweiligen Einströmraum (28) und den jeweiligen Zyklonraum (30) jeweils zumindest teilweise ausbildet.

9. Hydrozyklon nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das jeweilige Einsatzteil (38) ein Zylinderteil (39) oder ein Kegelteil (50) aufweist, in dessen Außenmantel die jeweilige Einströmöffnung (40, 40') ausgebildet ist, und dessen Innenraum benachbart zur jeweiligen Einströmöffnung (40, 40') mindestens ein Wandteil (47, 47') zur Ausbildung des Zyklonbereichs (49) für den zugeordneten Zyklonraum (30) aufweist.

10. Hydrozyklon nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein dem Zyklonraum (30) zugeordnetes, inneres Wandteil (47, 47') und/oder zumindest ein dem Einströmraum (28) zugeordnetes, äußeres Wandteil (52, 52') die entsprechend gekrümmte Wandkontur (46) aufweist.

11. Einsatzteil (38) zur zumindest teilweisen Ausbildung eines Einströmraums (28) und eines Zyklonraums (30) in einem Hydrozyklon (10) zur Auftrennung eines strömungsfähigen Phasengemisches, umfassend:

- mindestens eine Einströmöffnung (40, 40'), welche zur Zufuhr des aufzutrennenden Phasengemisches vom Einströmraum (28) zum Zyklonraum (30) durchströmbar ist, und

- mindestens ein dem Einströmraum (28) und/oder dem Zyklonraum (30) zugeordnetes, geformtes Teil (40, 40', 47, 47', 52, 52'), welches vom Phasengemisch mit einer vorgebbaren Einströmgeschwindigkeit (48) zur Aufteilung in mindestens eine Tangentialgeschwindigkeitskomponente und mindestens eine Axialgeschwindigkeitskomponente an- oder durchströmbar ist,

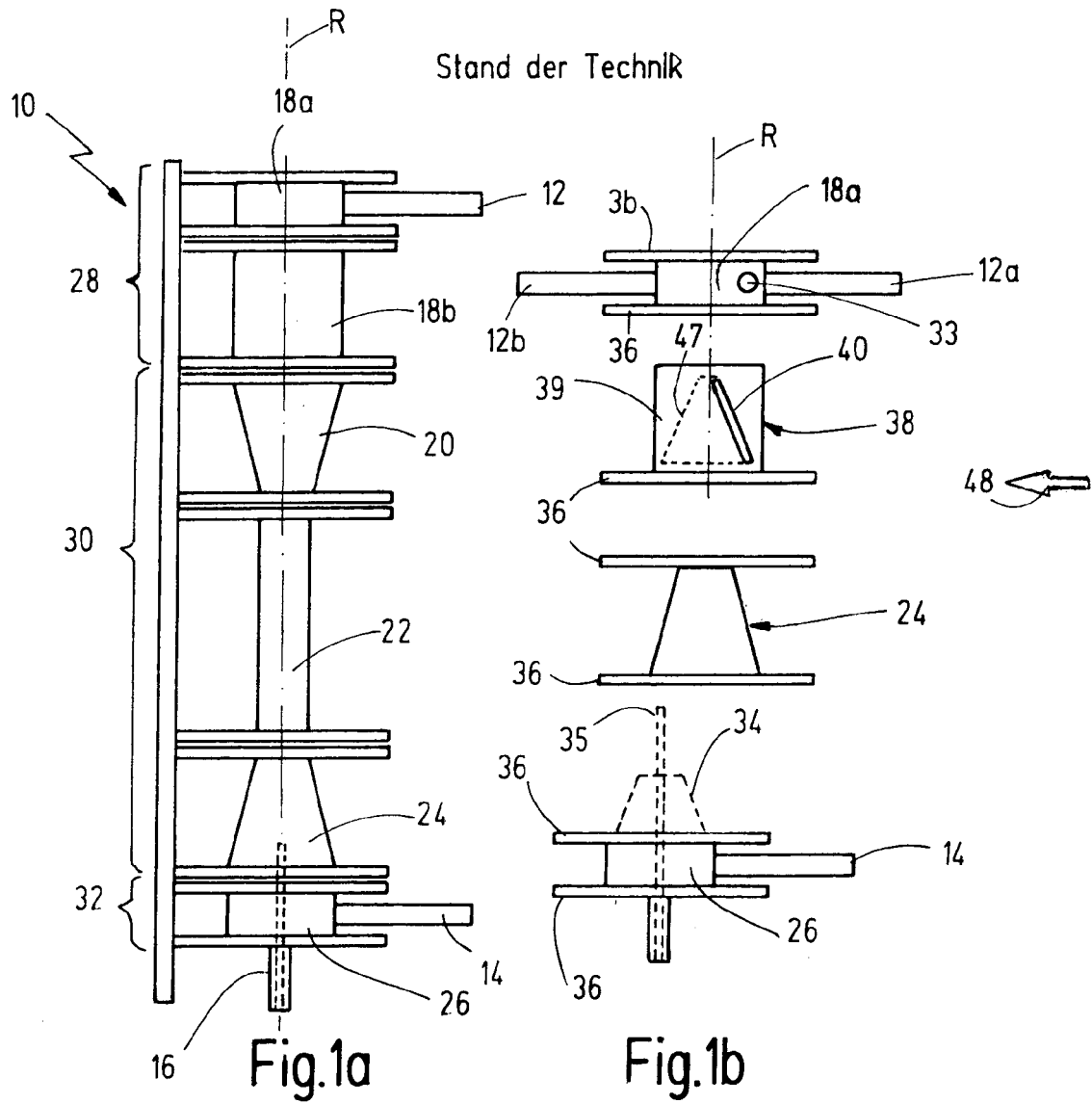
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Teile (40-52') derart geformt ist, dass das dem jeweiligen Zyklonraum (30) zugeführte Phasengemisch zumindest in dem von dem Einsatzteil (38) vorgegebenen Zyklonbereich (49) ein iso-kinetisches Strömungsverhalten mit im Wesentlichen konstanter Axialgeschwindigkeit auf-

weist.

12. Einsatzteil nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein dem Zyklonraum (30) zugeordnetes, inneres Wandteil (47, 47') und/oder zumindest ein dem Einströmraum (28) zugeordnetes äußeres Wandteil (52, 52'), bevorzugt benachbart zur jeweiligen Einströmöffnung (40, 40'), am Einsatzteil (38) ausgebildet ist.
13. Einsatzteil nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das jeweilige geformte Teil (40-52'), wie die jeweilige Einströmöffnung (40, 49'), das jeweilige innere Wandteil (47, 47') und/oder das jeweilige äußere Wandteil (52, 52'), in zumindest einer die Richtung der Einströmgeschwindigkeit (48), bevorzugt senkrecht, schneidenden Ebene zumindest teilweise einem gekrümmten Verlauf folgt.
14. Einsatzteil nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gekrümmte Verlauf in der jeweiligen Ebene in einem kartesischen Koordinatensystem (x=0, y, z) durch folgende Formel beschreibbar ist:

$$y = D(z) := D_0 \sqrt{\frac{4B_{zu} \cdot (z - z_{zu})}{\pi \cdot D_{zu}^2} + 1} ,$$

wobei die z-Achse senkrecht zur Richtung der Einströmgeschwindigkeit (48) verläuft und den Konstanten (D_0 , B_{zu} , Z_{zu} , D_{zu}) geometrische Größen des Einsatzteils (38) und/oder des zugeordneten Hydrozyklons (10) zuordenbar sind.



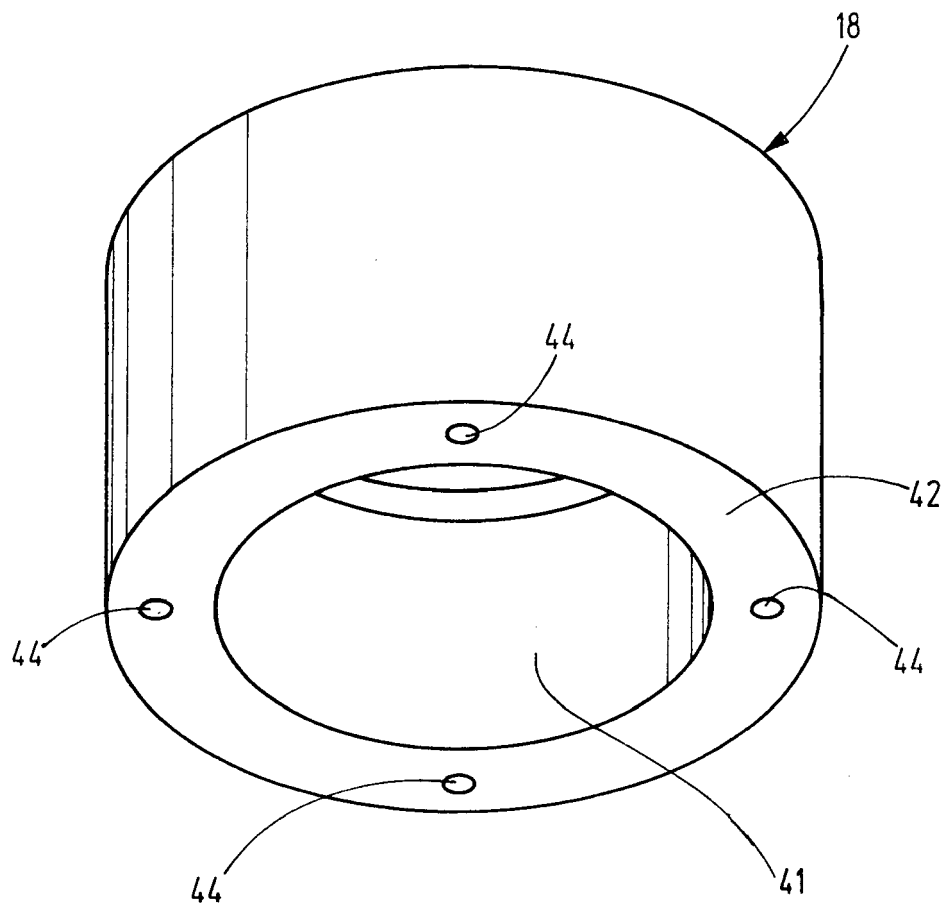
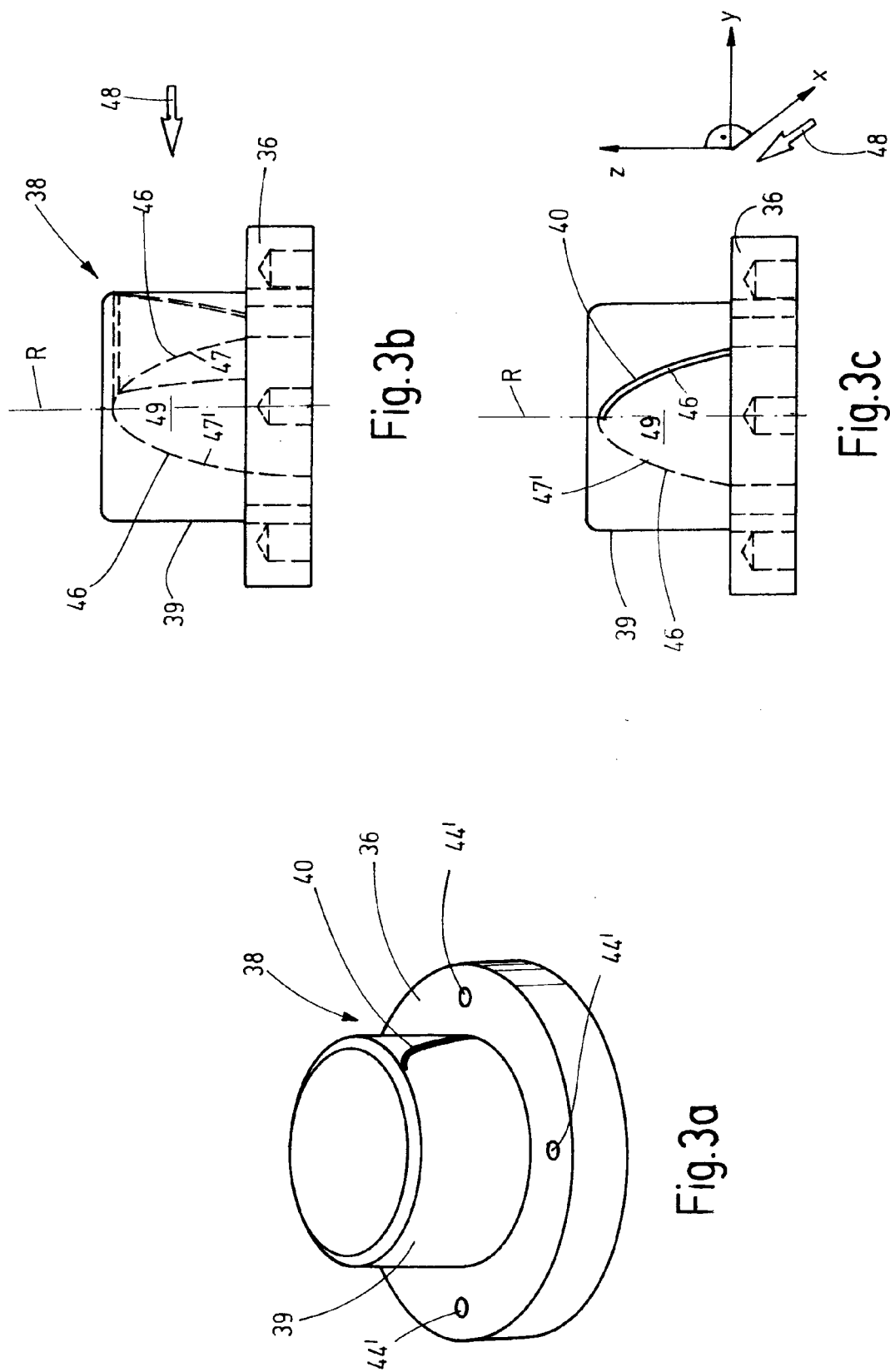
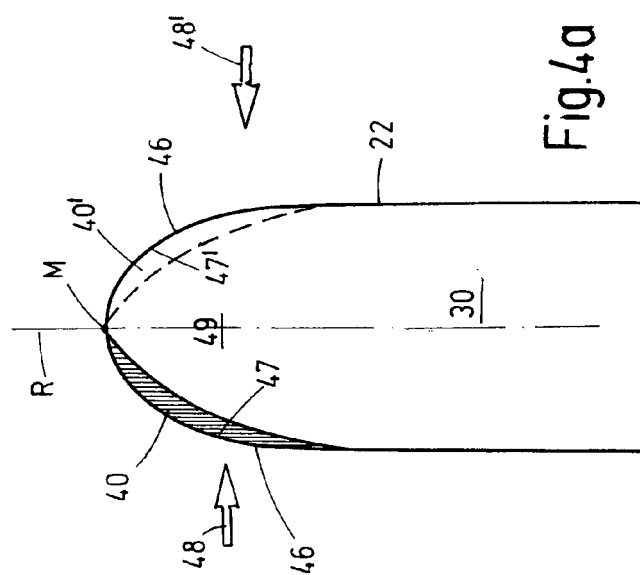
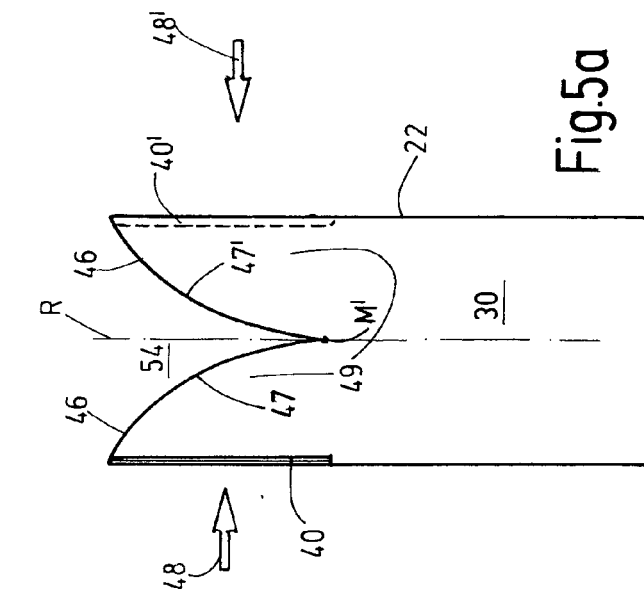
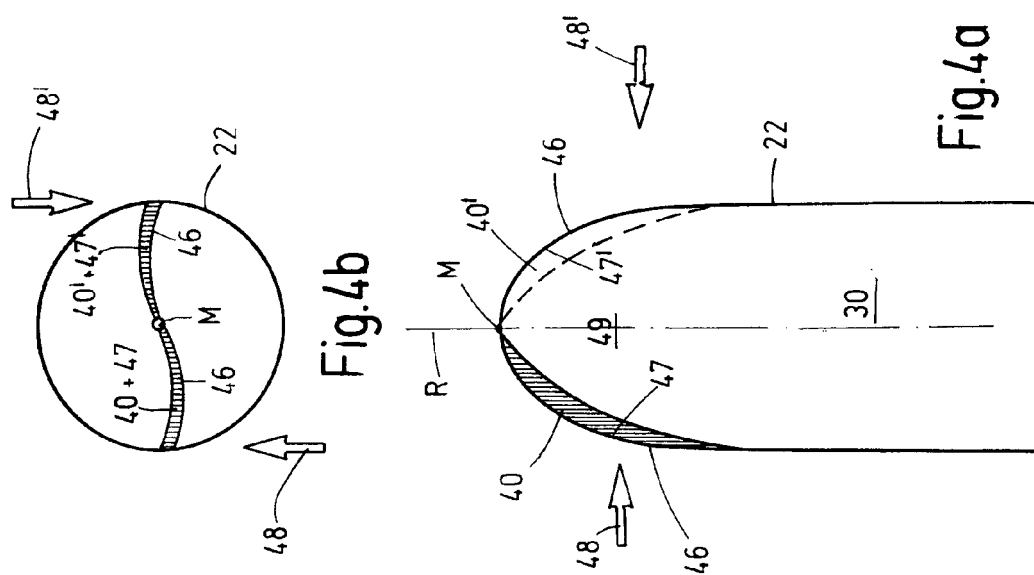
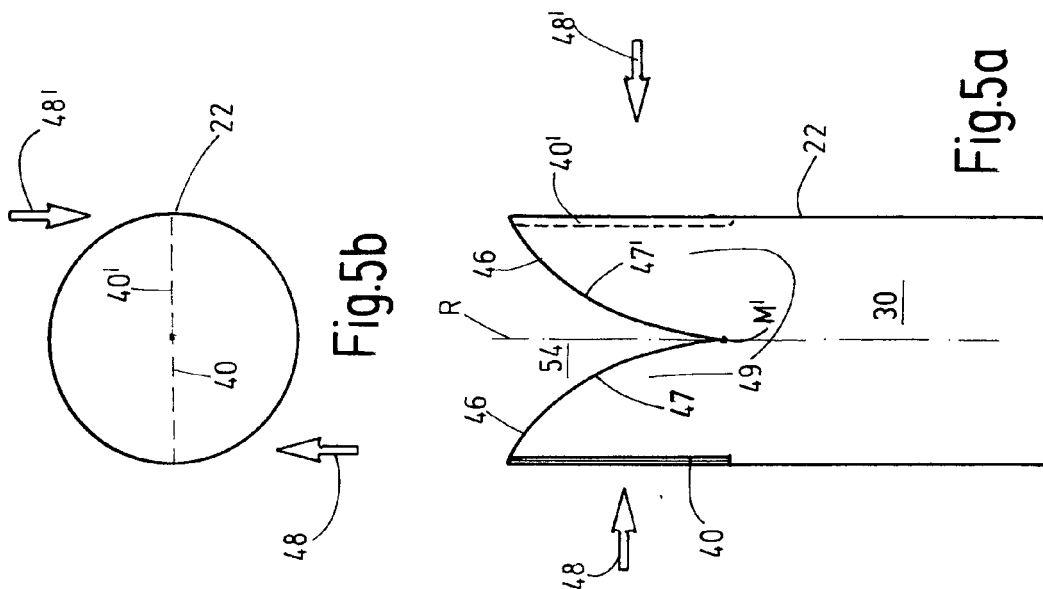


Fig.2





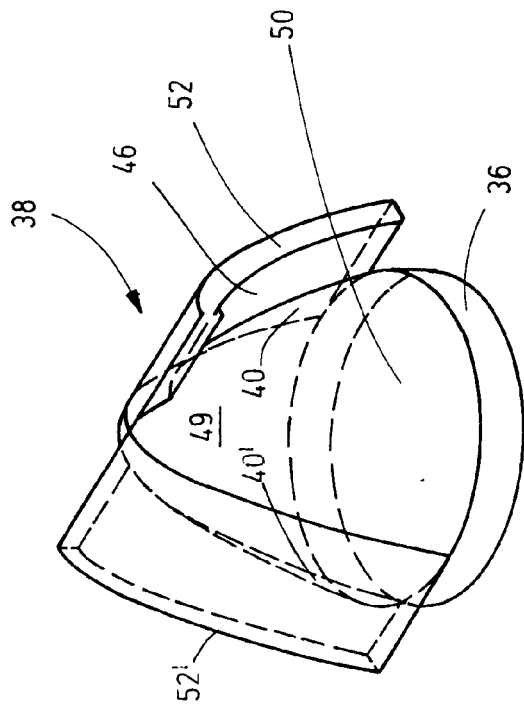


Fig. 6a

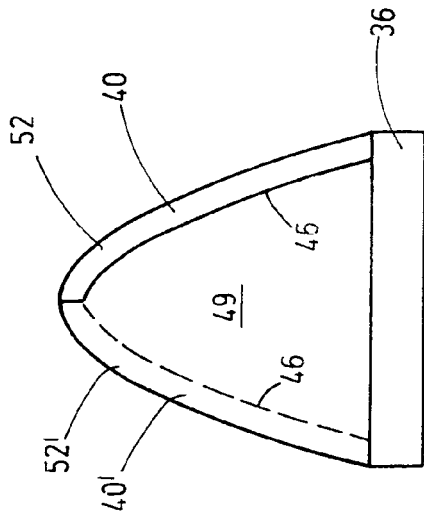


Fig. 6b

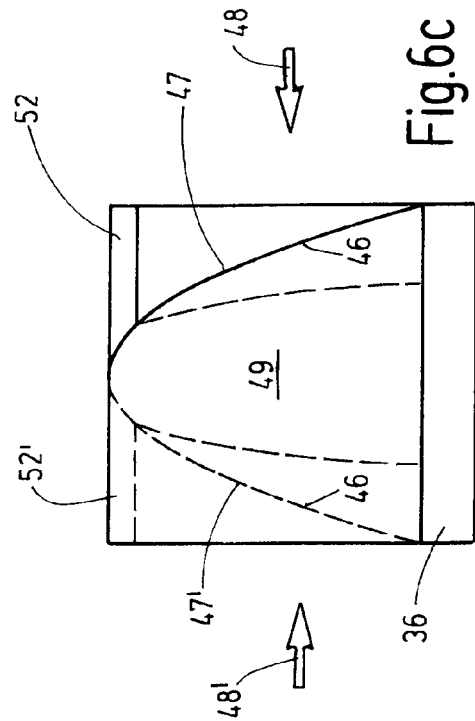


Fig. 6c

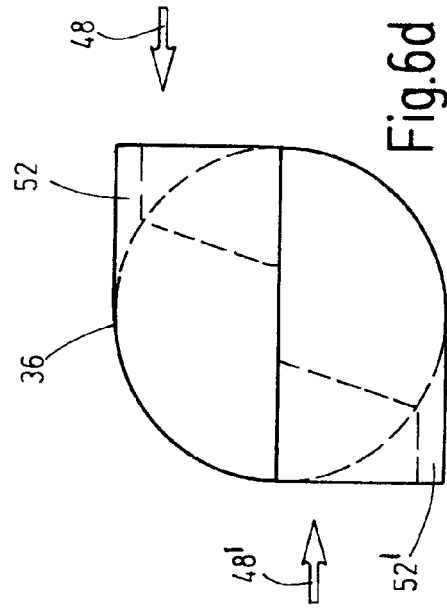


Fig. 6d

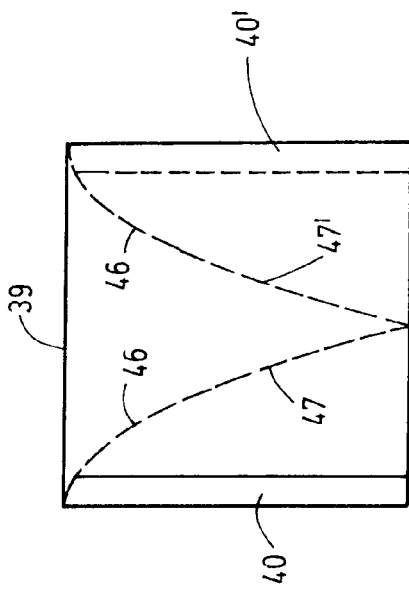


Fig. 7b

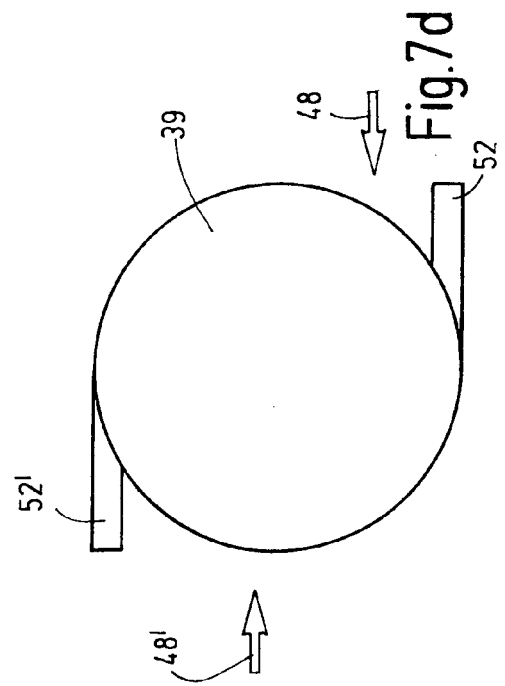


Fig. 7d

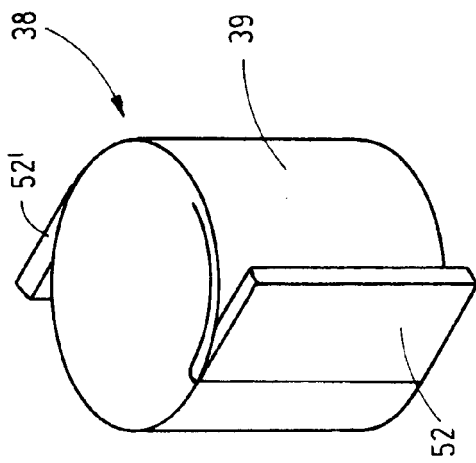


Fig. 7a

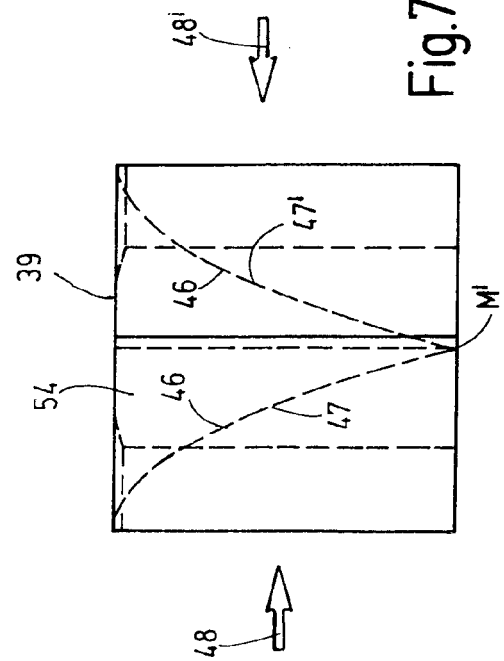


Fig. 7c

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

- GB 2353236 A [0004]