



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.02.2020 Patentblatt 2020/08

(51) Int Cl.:
B04B 5/04 (2006.01) B04B 7/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19191073.6**

(22) Anmeldetag: **09.08.2019**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Eppendorf AG**
22339 Hamburg (DE)

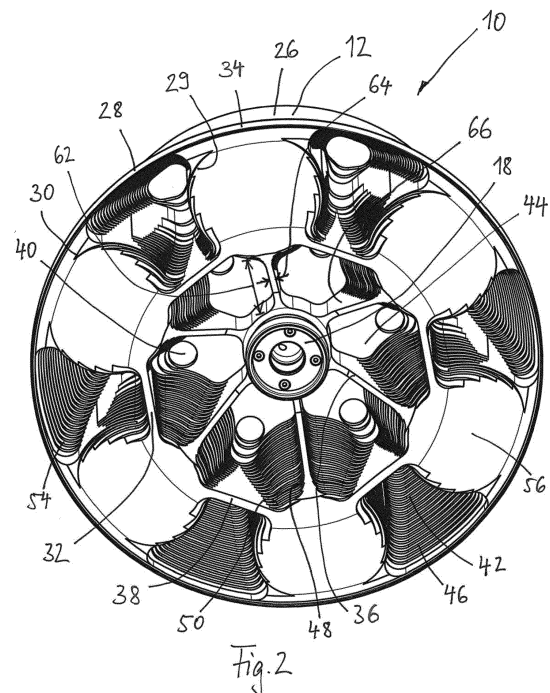
(72) Erfinder: **KÜHNERT, Steffen**
22339 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: **Hecht, Jan-David et al**
Patentanwaltskanzlei Dr. Hecht
Ranstädter Steinweg 28
04109 Leipzig (DE)

(30) Priorität: **16.08.2018 DE 102018120007**

(54) **FESTWINKELROTOR**

(57) Mit der vorliegenden Erfindung wird ein Festwinkelrotor (10) für Zentrifugen mit Versteifungsrippen (36, 38) an der Unterseite (32) seines Rotorkörpers (12) bereitgestellt, dessen Rotationsenergie im Betrieb auch bei hohen Geschwindigkeiten vergleichsweise gering ist, wodurch die Sicherheit merklich erhöht wird, ohne dass ein verstärkter Panzerkessel in der damit bestückten Zentrifuge erforderlich wäre. Zugleich bleibt die für den Antrieb des Festwinkelrotors (10) erforderliche Antriebsleistung gering. Der Festwinkelrotor (10) hält auch extremen Belastungen über einen längeren Zeitraum stand. Außerdem ist der Festwinkelrotor (10) kostengünstig herstellbar, weil keine zusätzlichen Bauteile erforderlich sind, sondern die Versteifungsrippen (36, 38) bei der Herstellung des Rotorkörpers (12) mitgefertigt werden können. Schließlich lassen sich auch sehr dünne Rotormäntel (38) verwenden, wodurch die Temperierung der Proben verbessert wird, weil der Festwinkelrotor (10) eine sehr gute strukturelle Stabilität, vor allem in den Hauptbelastungsrichtungen, aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Festwinkelrotor nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Zentrifugenrotoren werden in Zentrifugen, insbesondere Laborzentrifugen, dazu eingesetzt, um die Bestandteile von darin zentrifugierten Proben unter Ausnutzung der Massenträgheit zu trennen. Dabei werden zur Erzielung hoher Entmischungsraten immer höhere Rotationsgeschwindigkeiten eingesetzt. Laborzentrifugen sind dabei Zentrifugen, deren Zentrifugenrotoren bei vorzugsweise mindestens 3.000, bevorzugt mindestens 10.000, insbesondere mindestens 15.000 Umdrehungen pro Minute arbeiten und zumeist auf Tischen platziert werden. Um sie auf einem Arbeitstisch platzieren zu können, weisen sie insbesondere einen Formfaktor von weniger als 1 m x 1 m x 1 m auf, ihr Bauraum ist also beschränkt. Vorzugsweise ist dabei die Gerätetiefe auf max. 70 cm beschränkt. Es sind allerdings auch Laborzentrifugen bekannt, die als Standzentrifugen ausgebildet sind, also eine Höhe im Bereich von 1m bis 1,5 m aufweisen, um sie auf dem Boden eines Raumes platzieren zu können.

[0003] Solche Zentrifugen werden auf Gebieten der Medizin, der Pharmazie, der Biologie und Chemie dgl. eingesetzt.

[0004] Die zu zentrifugierenden Proben werden in Probenbehältern gelagert und diese Probenbehälter mittels des Zentrifugenrotors rotatorisch angetrieben. Dabei werden die Zentrifugenrotoren üblicherweise mittels einer senkrechten Antriebswelle, die von einem elektrischen Motor angetrieben wird, in Rotation versetzt. Die Kopplung zwischen dem Zentrifugenrotor und der Antriebswelle erfolgt üblicherweise mittels der Nabe des Zentrifugenrotors.

[0005] Es gibt verschiedene Zentrifugenrotoren, die je nach Anwendungszweck eingesetzt werden. Dabei können die Probenbehälter die Proben direkt enthalten oder in den Probenbehältern sind eigene Probenbehältnisse eingesetzt, die die Probe enthalten, so dass in einem Probenbehälter eine Vielzahl von Proben gleichzeitig zentrifugiert werden können. Ganz allgemein sind Zentrifugenrotoren in Form von Festwinkelrotoren und Auschwingrotoren und weiteren bekannt, wobei die vorliegende Erfindung von Festwinkelrotoren ausgeht, bei den die Aufnahmen in dem Rotorkörper für die Proben gegenüber der Rotorachse in einem festen Winkel angeordnet sind, der zumeist geneigt verläuft. Genauer gesagt verläuft die Neigung von der Öffnung der Aufnahme aus betrachtet nach außen. Solche Festwinkelrotoren sind beispielsweise aus der DE 38 06 284 C1 bekannt.

[0006] Problematisch ist, dass die gewünschten höheren Drehzahlen aufgrund des Eigengewichts der Festwinkelrotoren eine immer höhere Motorleistung erfordern, wobei aus Sicherheitsgründen hochfeste Materialien wie Stahl, Titan und Aluminium eingesetzt werden müssen.

[0007] Es ist zwar beispielsweise aus der DE 102 33

536 A1 auch schon bekannt, Faserverbundwerkstoffe zu verwenden, allerdings ist trotz einer dadurch möglichen geringen Gewichtsersparnis das Rotorgewicht immer noch so hoch, dass nicht wesentliche Drehzahlerhöhungen möglich sind.

[0008] Zur Lösung dieses Problems wurde in der DE 10 2011 107 667 A1 vorgeschlagen, den Rotorkörper aus einem porösen Metall herzustellen und eine außen liegende Armierung vorzusehen. Damit kann zwar die Rotormasse weiter reduziert werden, wodurch die Umdrehungsgeschwindigkeit bei gleicher Motorleistung verbessert werden kann, allerdings wird durch die Armierung die Masse auf dem Außenradius des Zentrifugenrotors und damit die kinetische Energie erhöht, wodurch im Crashfall hohe Crashenergien bestehen, was ein Sicherheitsrisiko sein kann, dass durch eine Verstärkung der Crashabsicherung, die den Zentrifugenbehälter der Zentrifuge umgibt, kompensiert werden sollte.

[0009] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Festwinkelrotor vorzuschlagen, um diese Nachteile zu vermeiden. Bevorzugt soll seine Rotationsenergie möglichst gering sein, um die Sicherheit zu erhöhen, und die für den Antrieb des Zentrifugenrotors erforderliche Antriebsleistung sollte möglichst gering bleiben. Insbesondere soll der Festwinkelrotor auch extremen Belastungen über einen längeren Zeitraum standhalten und dabei kostengünstig herstellbar sein.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst mit dem erfindungsgemäßen Festwinkelrotor nach Anspruch 1. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen und in der nachfolgenden Beschreibung zusammen mit den Figuren angegeben.

[0011] Erfinderseits wurde erkannt, dass diese Aufgabe in überraschender Art und Weise dadurch besonders einfach gelöst werden kann, wenn zumindest eine Versteifungsrippe an der Unterseite des Rotorkörpers angeordnet ist, weil dadurch die strukturelle Stabilität des Rotorkörpers auch bei hohen Drehzahlen gewährleistet bleibt, wenn der Rotorkörper selbst weniger Material aufweist.

[0012] "Versteifungsrippen" sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung körperliche Rippen bzw. Stege, die der Erhöhung der strukturellen Stabilität des Rotorkörpers dienen. Diese Rippen bzw. Stege weisen zumindest eine Langseite und Schmalseite auf und verlaufen mit ihrer Langseite durchgängig zwischen zwei Bereichen des Rotorkörpers. Sie können auch mit einer weiteren Seite durchgängig zwischen der Langseite und dem Rotorkörper verlaufen, müssen dies aber nicht, da sie auch hohl liegend ausgebildet sein können.

[0013] Der erfindungsgemäße Festwinkelrotor für eine Zentrifuge, insbesondere eine Laborzentrifuge, mit einem Rotorkörper, der eine Nabe und eine Rotorachse aufweist, wobei die Nabe um die Rotorachse angeordnet ist, wobei in dem Rotorkörper zumindest zwei Aufnahmen für zu zentrifugierende Proben um die Rotorachse angeordnet sind, wobei der Rotorkörper eine Oberseite und eine gegenüberliegend angeordnete Unterseite auf-

weist, wobei die Aufnahmen an der Oberseite Öffnungen zum Einbringen der Proben aufweisen, zeichnet sich dadurch aus, dass der Rotorkörper an seiner Unterseite zumindest eine Versteifungsrippe aufweist.

[0014] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass zumindest eine der zumindest einen Versteifungsrippen in Bezug auf die Rotorachse radial verläuft, bevorzugt auf die Aufnahme zu verläuft und insbesondere auf eine Zentralachse der Aufnahme zu verläuft. Dadurch können Fliehkräfte besonders gut abgestützt werden. "Zentralachse der Aufnahme" meint in diesem Zusammenhang eine gedachte Mittellinie entlang der die zu zentrifugierende Probe in die Aufnahme eingeführt wird.

[0015] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass zumindest eine der zumindest einen Versteifungsrippen zwischen einer Aufnahme und der Nabe verläuft, bevorzugt mit der Aufnahme und der Nabe verbunden ist. Dann besteht eine besondere strukturelle Stabilität des Zentrifugenrotors in Bezug auf wirkende Fliehkräfte, vor allem wenn im Bereich der Aufnahmen in Bezug auf den Umfang des Rotorkörpers mehr Rotorkörpermaterial besteht als daneben.

[0016] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass zumindest eine der zumindest einen Versteifungsrippen in Bezug auf die Rotorachse tangential mit einem Abstand zur Rotorachse verläuft. Dadurch können Kräfte beim Beschleunigen und Abbremsen besonders gut abgestützt werden.

[0017] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass zumindest eine der zumindest einen Versteifungsrippen zwischen den beiden Aufnahmen verläuft, bevorzugt mit den Aufnahmen verbunden ist und insbesondere jeweils auf eine Zentralachse der jeweiligen Aufnahme zu verläuft. Dann besteht eine besondere strukturelle Stabilität des Zentrifugenrotors in Bezug auf wirkende Kräfte beim Beschleunigen und Abbremsen, vor allem wenn im Bereich der Aufnahmen in Bezug auf den Umfang des Rotorkörpers mehr Rotorkörpermaterial besteht als daneben.

[0018] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Festwinkelrotor einen rotationssymmetrischen Rotormantel aufweist, die die Aufnahmen umschließt. Dadurch ist der Zentrifugenrotor aerodynamisch umhüllt und setzt einem umgebenden Fluid wenig Strömungswiderstand entgegen.

[0019] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Aufnahmen zumindest bereichsweise in den Rotormantel übergehen. Dann ist der Rotorkörper auch bei wenig die Aufnahmen umgebendem Rotorkörpermaterial strukturell sehr stabil ausgebildet.

[0020] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Rotorkörper an seiner Unterseite neben der zumindest einen Versteifungsrippe zumindest eine sich in Bezug auf die Rotorachse axial erstreckende Aushöhlung zur Materialreduktion aufweist. Dadurch weist der Festwinkelrotor weniger Masse auf und besitzt dennoch eine ausreichend hohe strukturelle Stabilität, so

dass weniger Antriebsleistung erforderlich ist. Außerdem ist die im Betrieb im Festwinkelrotor gespeicherte kinetische Energie geringer. Die Aushöhlung ist bevorzugt zwischen den Aufnahmen angeordnet, insbesondere a) zwischen dem Rotormantel, den Wandungen zweier benachbarter Aufnahmen und einer tangential verlaufenden Versteifungsrippe oder b) zwischen einer tangential verlaufenden Versteifungsrippe, zwei benachbarten radial verlaufenden Versteifungsrippen und der Nabe oder c) zwischen dem Rotormantel, den Wandungen zweier benachbarter Aufnahmen, zwei benachbarten radial verlaufenden Versteifungsrippen und der Nabe.

[0021] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Aushöhlung sich zumindest bereichsweise bis zum Rotormantel und/oder bis zur Nabe und/oder bis zu einer Aufnahme und/oder bis zur den Rotorraum begrenzenden Deckfläche der Oberseite des Rotorkörpers erstreckt, insbesondere ohne diese Elemente zu durchbrechen.

[0022] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Dicke des Rotormantels und/oder die Dicke der Versteifungsrippe und/oder die Dicke der Wandung der Aufnahme und/oder die Dicke des Rotorkörpers an seiner Oberseite zumindest bereichsweise kleiner als 1 cm, bevorzugt kleiner als 5 mm, insbesondere kleiner als 3 mm ist, vorzugsweise 1,5 mm ist. Dadurch ist der Festwinkelrotor strukturell immer noch besonders stabil, weist aber eine sehr geringe Masse auf.

[0023] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass in der Wandung des Rotormantels, in der Wandung der zumindest zwei Aufnahmen, an der zumindest einen Versteifungsrippe und/oder an der Aushöhlung zumindest bereichsweise eine Abstufung hinsichtlich der Materialstärke des Rotorkörpers vorliegt, die bevorzugt in Bezug auf die Rotorachse axial angeordnet ist, wobei die Abstufung insbesondere treppenförmig ausgebildet ist. Diese Abstufung ist insbesondere zumindest in einigen Bereichen vorgesehen, die gegenüber der Rotorachse geneigt verlaufen. Dadurch besteht eine besonders stabile Aussteifung des Rotorkörpers, so dass dieser auch höchste Belastungen aushält.

[0024] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Abstufung eine Stufenbreite und/oder Stufenhöhe im Bereich 0,5 mm bis 8 mm, bevorzugt im Bereich 1 mm bis 6 mm, insbesondere im Bereich 2 mm bis 5 mm aufweist. Je kleiner diese Stufendimension, desto leichter ist der Festwinkelrotor, jedoch wird die versteifende Wirkung auch geringer. Je kleiner diese Stufendimension, desto höher ist zudem der Fertigungsaufwand. Je größer dagegen diese Stufendimension, desto höher ist das Gewicht des Festwinkelrotors. Für die angegebenen Bereiche besteht eine ausreichende Gewichtsreduzierung bei ausreichend hoher Stabilität und dennoch geringem Fertigungsaufwand.

[0025] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Unterseite des Rotorkörpers eine Abdeckung aufweist, die die Versteifungsrippen und/oder die Aushöhlungen abdeckt, wodurch der Festwinkelrotor

trotzt der Versteifungsrippen und/oder der Aushöhlungen aerodynamisch sehr günstig ausgebildet ist. Dadurch werden Windgeräusche vermieden und der Widerstand deutlich reduziert, was die Leistungsaufnahme verringert. Außerdem wird durch die Abdeckung ein geschlossener Festwinkelrotor erzeugt, wodurch Haptik und Reinigbarkeit begünstigt werden. Die Abdeckung ist vorzugsweise am Rotorkörper geklemmt und/oder verschraubt angeordnet.

[0026] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Aufnahmen bis auf eine Öffnung zum Einfügen der zu zentrifugierenden Proben geschlossen ausgebildet sind. Dadurch besteht eine besonders gute Reinigbarkeit und Stabilität des Festwinkelrotors.

[0027] Die Merkmale und weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand der Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele im Zusammenhang mit den Figuren deutlich werden. Dabei zeigen rein schematisch:

- Fig. 1 den erfindungsgemäßen Festwinkelrotor nach einer ersten bevorzugten Ausführungsform in einer perspektivischen Ansicht von oben,
- Fig. 2 den erfindungsgemäßen Festwinkelrotor nach Fig. 1 in einer perspektivischen Ansicht von unten,
- Fig. 3 den erfindungsgemäßen Festwinkelrotor nach Fig. 1 in einer Draufsicht von unten,
- Fig. 4 den erfindungsgemäßen Festwinkelrotor nach Fig. 1 in einer Schnittansicht,
- Fig. 5 den erfindungsgemäßen Festwinkelrotor nach einer zweiten bevorzugten Ausführungsform in einer perspektivischen Ansicht von oben,
- Fig. 6 den erfindungsgemäßen Festwinkelrotor nach Fig. 5 in einer perspektivischen Ansicht von unten
- Fig. 7 den erfindungsgemäßen Festwinkelrotor nach Fig. 5 in einer Draufsicht von unten,
- Fig. 8 den erfindungsgemäßen Festwinkelrotor nach Fig. 5 in einer Schnittansicht und
- Fig. 9 eine mit dem erfindungsgemäßen Festwinkelrotor ausgestattete Zentrifuge in einer perspektivischen Ansicht.

[0028] In den Fig. 1 bis 4 ist der erfindungsgemäße Festwinkelrotor 10 in einer ersten bevorzugten Ausgestaltung gezeigt.

[0029] Es ist zu erkennen, dass der Festwinkelrotor 10 einen Rotorkörper 12 und einen Deckel 14 aufweist, die zwischen sich einen Rotorraum 16 einschließen. Der Rotorkörper 12 weist eine Nabe 18 auf, die sich entlang der Rotorachse R erstreckt und der Kopplung mit einer Antriebswelle eines Zentrifugenmotors einer Laborzentrifuge in üblicher Art und Weise dient und daher nicht näher gezeigt werden muss.

[0030] In dem Rotorkörper 12 sind an dessen Oberseite 20 Aufnahmen 22 angeordnet, in denen Probenbehälter mit zu zentrifugierenden Proben in üblicher Weise

eingefügt und zentrifugiert werden können, wobei die Probenbehälter mit dem Rotorraum 16 korrespondieren. Zwischen dem Rotorkörper 12 und der Deckel 14 ist eine Dichtung 23 vorgesehen, durch die eine Dämpfung zwischen Deckel 14 und Rotorkörper 12 erfolgt, die ein mögliches Klappern verhindert. Bei geeigneter Ausbildung der Dichtung 23 kann auch der Rotorraum 16 gegenüber der Umgebung 24 des Festwinkelrotors 10 aerosoldicht abgedichtet werden.

[0031] In Bezug auf den Außenumfang 26 des Rotorkörpers 12 ist der Rotorkörper 12 durch einen Rotormantel 28 begrenzt, der rotationssymmetrisch ausgebildet ist und dadurch den Zentrifugenrotor aerodynamisch umhüllt, wodurch der Festwinkelrotor 10 in der Laborzentrifuge dem umgebenden Fluid wenig Strömungswiderstand entgegengesetzt.

[0032] Es ist weiterhin zu erkennen, dass die Wandungen 29 der Aufnahmen 22 zumindest bereichsweise in den Rotormantel 28 übergehen - der Rotormantel 28 bildet somit in den Bereichen 30, wo der Rotormantel 28 tangential auf die Aufnahmen 22 trifft, direkt die Wandungen 29. Die Wandung 29 der Aufnahme 22 ist bis auf eine Öffnung zum Einfügen der zu zentrifugierenden Proben geschlossen ausgebildet.

[0033] Weiterhin besitzt der Rotorkörper 12 an seiner Unterseite 32, die sich zwischen Nabe 18 und unterem Rand 34 des Rotormantels 28 erstreckt, zahlreiche Versteifungsrippen 36, 38. Dabei verläuft eine erste Art Versteifungsrippen 36 in Bezug auf die Rotorachse R radial zwischen den Aufnahmen 22 und der Nabe 18. Diese Versteifungsrippe 36 verbindet die Nabe 18 und die Aufnahme 22 und läuft dabei auf die Zentralachse Z der Aufnahme 22 zu. Eine zweite Art Versteifungsrippen 38 verläuft in Bezug auf die Rotorachse R tangential zwischen benachbarten Aufnahmen 22, also mit Abstand zur Rotorachse R, wobei sie jeweils mit beiden Aufnahmen 22 verbunden ist und jeweils auf die Zentralachse Z der entsprechenden Aufnahmen 22 zu läuft. Beide Versteifungsrippen 36, 38 erstrecken sich von der Unterseite 32 des Rotorkörpers 12 bis zur den Rotorraum 16 begrenzenden Deckfläche 40 der Oberseite 20 des Rotorkörpers 12.

[0034] Außerdem weist der Rotorkörper 12 an seiner Unterseite 32 zahlreiche Aushöhlungen 42, 44 zur Materialreduktion auf. Eine erste Art Aushöhlung 42 ist zwischen dem Rotormantel 28, den Wandungen 29 zweier benachbarter Aufnahmen 22 und der zweiten Art Versteifungsrippen 38 angeordnet. Eine zweite Art Aushöhlung 44 ist zwischen der zweiten Art Versteifungsrippen 38, zwei benachbarten Versteifungsrippen 36 erster Art und der Nabe 18 angeordnet. Beide Arten von Aushöhlungen erstrecken sich jeweils von der Unterseite 32 des Rotorkörpers 12 bis zur den Rotorraum 16 begrenzenden Deckfläche 40 der Oberseite 20 des Rotorkörpers 12.

[0035] Die Wandstärken sind so ausgebildet, dass sie beim Rotormantel 28 ca. 1,7 mm, bei den Versteifungsrippen 36 erster Art 6 mm und bei den Versteifungsrippen 38 zweiter Art 5 mm betragen. Die Wandstärke der Deck-

fläche 40 beträgt in den Bereichen der Aushöhlungen 42, 44 weniger als 5 mm, bevorzugt 1,5 mm.

[0036] Durch die Kombination der Aushöhlungen 42, 44 zur Materialreduktion mit den Versteifungsrippen 36, 38 und dem Rotormantel 28 weist der Festwinkelrotor 10 eine sehr geringe Masse auf, ist strukturell dennoch besonders stabil, so dass weniger Antriebsleistung erforderlich ist. Außerdem ist die im Betrieb im Festwinkelrotor 10 gespeicherte kinetische Energie relativ gering.

[0037] Diese hohe strukturelle Stabilität wird noch dadurch erhöht, dass die innere Wandung 46 des Rotormantels 28, die Wandungen 29 der Aufnahmen 22 und die Übergänge 48, 50 zwischen den Wandungen 29 der Aufnahmen 22 und den Versteifungsrippen 36, 38 sowie den Aushöhlungen 42, 44 mit einer Abstufung 54 versehen sind, die in Bezug auf die Rotorachse R axial angeordnet ist. Dabei ist die Abstufung 54 treppenförmig ausgebildet, wobei die Stufenbreite bzw. Stufenhöhe jeweils 5 mm beträgt. Die Unterseiten 56 der Aufnahmen 22 sind dagegen nicht mit einer solchen Abstufung 54 versehen. Durch diese Abstufung 54 besteht eine besonders stabile Aussteifung des Rotorkörpers 12, so dass dieser trotz der Gewichtsersparnis auch höchste Belastungen aushält. Die Abstufung 54 könnte allerdings auch kontinuierlich anstelle von stufenförmig (diskontinuierlich) vorliegen.

[0038] Zusätzlich weist der Festwinkelrotor 10 eine untere Abdeckung 58 auf, die mittels der Kupplung 60 der Nabe 18 an der Unterseite 32 des Rotorkörpers 12 fixiert (geklemt) ist und sich seitlich an Vorsprüngen 62 des Rotormantels 28 abstützt (zum besseren Verständnis ist diese Abdeckung 58 in den Fig. 2 und 3 nicht gezeigt). Durch diese Abdeckung 58 ist der mit den Versteifungsrippen 36, 38 und den Aushöhlungen 42, 44 versehene Festwinkelrotor 10 dennoch aerodynamisch sehr günstig ausgebildet und weist insgesamt eine im Vergleich zu früheren Festwinkelrotoren deutlich geringeres Gewicht auf.

[0039] In Fig. 5 bis 8 ist der erfindungsgemäße Festwinkelrotor 100 in einer zweiten bevorzugten Ausgestaltung gezeigt. Dabei bestehen Übereinstimmungen mit dem Festwinkelrotor 10 der ersten bevorzugten Ausgestaltung, so dass im Folgenden nur auf die Unterschiede eingegangen wird.

[0040] Es ist zu erkennen, dass bei diesem Festwinkelrotor 100 der Rotorkörper 102 nicht nur sechs, sondern zehn kleinere Aufnahmen 104 für Proben aufweist.

[0041] Weiterhin besitzt der Rotorkörper 102 an seiner Unterseite 106, die sich zwischen Nabe 108 und dem unterem Rand 110 des Rotormantels 112 erstreckt, zahlreiche Versteifungsrippen 114, wobei allerdings nur die eine Art Versteifungsrippen 114 besteht, die in Bezug auf die Rotorachse R' radial zwischen den Aufnahmen 104 und der zentralen Nabe 108 verlaufen und sich axial von der Unterseite 106 bis zur den Rotorraum 116 begrenzenden Deckfläche 118 der Oberseite 120 des Rotorkörpers 102 erstrecken. Auch diese Versteifungsrippen 114 verlaufen zwischen Nabe 108 und Aufnahmen

104, wobei sie jeweils mit Nabe 108 und Aufnahme 104 verbunden ist und auf die Zentralachse Z' der Aufnahme 104 zu läuft.

[0042] Demzufolge gibt es ebenfalls nur eine Art von Aushöhlungen 122 zur Materialreduktion im Rotorkörper 102. Diese Aushöhlungen 122 sind jeweils zwischen dem Rotormantel 112, den Wandungen 124 zweier benachbarter Aufnahmen 104, den benachbarten Versteifungsrippen 114 und der Nabe 108 angeordnet und erstrecken sich jeweils von der Unterseite 106 des Rotorkörpers 102 bis zur den Rotorraum 116 begrenzenden Deckfläche 118 der Oberseite 120 des Rotorkörpers 102.

[0043] Die Wandstärken sind so ausgebildet, dass sie beim Rotormantel 112 ca. 1,7 mm, bei den Versteifungsrippen 114 7 mm und bei der Deckfläche 118 in den Bereichen der Aushöhlungen 122 weniger als 5 mm, bevorzugt 1,5 mm, betragen.

[0044] Auch dieser Festwinkelrotor 100 weist durch die Kombination der Aushöhlungen 122 zur Materialreduktion mit den Versteifungsrippen 114 und dem Rotormantel 112 eine sehr geringe Masse auf, ist strukturell dennoch besonders stabil, so dass weniger Antriebsleistung erforderlich ist. Außerdem ist die im Betrieb im Festwinkelrotor 100 gespeicherte kinetische Energie relativ gering.

[0045] Diese hohe strukturelle Stabilität wird wiederum noch dadurch erhöht, dass die Wandung 126 des Rotormantels 112, die Wandungen 124 der Aufnahmen 104, die Übergänge 128 zwischen den Wandungen 124 der Aufnahmen 104 und dem Rotormantel 112 und die Übergänge 130 zwischen den Versteifungsrippen 114 und der Nabe 108 sowie den Aushöhlungen 122 mit einer Abstufung 132 versehen sind, die in Bezug auf die Rotorachse R' axial angeordnet ist. Dabei ist die Abstufung 132 ebenfalls treppenförmig ausgebildet, wobei die Stufenbreite bzw. Stufenhöhe jeweils 2 mm beträgt. Die Unterseiten 134 der Aufnahmen 102 sind wiederum nicht mit einer solchen Abstufung 132 versehen. Durch diese Abstufung 132 besteht eine besonders stabile Aussteifung des Rotorkörpers 102, so dass dieser trotz der Gewichtsersparnis auch höchste Belastungen aushält.

[0046] Zusätzlich weist der Festwinkelrotor 100 eine untere Abdeckung 136 auf, die an der Unterseite 106 des Rotorkörpers 102 durch eine nicht gezeigte Verschraubung fixiert ist und sich seitlich an Vorsprüngen 138 des Rotormantels 112 abstützt (zum besseren Verständnis ist diese Abdeckung 136 in den Fig. 6 und 7 nicht gezeigt). Durch diese Abdeckung 136 ist der mit den Versteifungsrippen 114 und den Aushöhlungen 122 versehene Festwinkelrotor 100 dennoch aerodynamisch sehr günstig ausgebildet und weist insgesamt eine im Vergleich zu früheren Festwinkelrotoren deutlich geringeres Gewicht auf.

[0047] Bei beiden Festwinkelrotoren 10, 100 lassen sich die Rotorkörper 12, 102 einstückig fertigen, beispielsweise dadurch, dass der Rotorkörper 12, 102 aus einem Rohling (z.B. aus einem Rundmaterial oder einem Gesenkschmiedestück aus Aluminium oder Stahl) per

CNC-Bearbeitung herausgefräst und herausgedreht wird. Alternativ könnte auch eine mehrteilige Fertigung dahingehen bestehen, dass die Nabe 18, 108 unabhängig gefertigt und in den Rotorkörper 12, 102 eingebracht, beispielsweise eingeschraubt wird.

[0048] Es ist zu erkennen, dass die Versteifungsrippen 36, 38, 114 jeweils eine Langseite 62, 140 aufweisen und eine Schmalseite 64, 142. Außerdem besitzen sie eine weitere Seite 66, 144, die durchgängig zwischen der Langseite 62, 140 und dem Rotorkörper 12, 102 verlaufen. Alternativ könnte allerdings auch vorgesehen sein, dass die weitere Seite 66, 144 sich nicht durchgängig zwischen der Langseite 62, 140 ausgebildet ist, wodurch die Versteifungsrippen 36, 38, 114 hohl liegen und benachbarte Aushöhlungen miteinander kommunizieren würden, was aber ebenfalls eine verbesserte strukturelle Stabilität bei deutlich reduzierter Masse bewirken würde.

[0049] In Fig. 9 ist eine Laborzentrifuge 200 gezeigt, die mit dem erfindungsgemäßen Festwinkelrotor 10 bestückt ist.

[0050] Es ist zu erkennen, dass diese Laborzentrifuge 200 in üblicher Art und Weise ausgebildet ist, und dabei ein Gehäuse 202 mit einem an seiner Vorderseite 204 angeordneten Bedienfeld 206 und einen Deckel 208 aufweist, der zum Verschließen des Zentrifugenbehälters 210 vorgesehen ist. In dem Zentrifugenbehälter 210 ist der Festwinkelrotor 10 angeordnet, der von der Welle eines Zentrifugenmotors (beides nicht gezeigt) antreibbar ist.

[0051] Aus der vorstehenden Darstellung ist deutlich geworden, dass mit der vorliegenden Erfindung ein Festwinkelrotor 10, 100 für Zentrifugen 200 bereitgestellt wird, dessen Rotationsenergie im Betrieb auch bei hohen Geschwindigkeiten vergleichsweise gering ist, wodurch die Sicherheit merklich erhöht wird, ohne dass ein verstärkter Panzerkessel in der damit bestückten Zentrifuge erforderlich wäre. Zugleich bleibt die für den Antrieb des Festwinkelrotors 10, 100 erforderliche Antriebsleistung gering. Der Festwinkelrotor 10, 100 hält auch extremen Belastungen über einen längeren Zeitraum stand. Außerdem ist der Festwinkelrotor 10, 100 kostengünstig herstellbar, weil keine zusätzlichen Bauteile erforderlich sind, sondern die Versteifungsrippen 36, 38, 114 bei der Herstellung des Rotorkörpers 12, 102 mit gefertigt werden können. Schließlich lassen sich auch sehr dünne Rotormäntel 28, 112 verwenden, wodurch die Temperierung der Proben verbessert wird, weil der Festwinkelrotor eine sehr gute strukturelle Stabilität, vor allem in den Hauptbelastungsrichtungen, aufweist.

[0052] Soweit nichts anders angegeben ist, können sämtliche Merkmale der vorliegenden Erfindung frei miteinander kombiniert werden. Auch die in der Figurenbeschreibung beschriebenen Merkmale können, soweit nichts anderes angegeben ist, als Merkmale der Erfindung frei mit den übrigen Merkmalen kombiniert werden. Eine Beschränkung einzelner Merkmale des Ausführungsbeispiels auf die Kombination mit anderen Merkmalen des Ausführungsbeispiels ist dabei ausdrücklich

nicht vorgesehen. Außerdem können gegenständliche Merkmale umformuliert auch als Verfahrensmerkmale Verwendung finden und Verfahrensmerkmale umformuliert als gegenständliche Merkmale. Eine solche Umformulierung ist somit automatisch mit offenbart.

Bezugszeichenliste

[0053]

10	der erfindungsgemäße Festwinkelrotor in einer ersten bevorzugten Ausgestaltung
12	Rotorkörper
14	Deckel
15	16 Rotorraum
18	Nabe
20	Oberseite des Rotorkörpers
22	Aufnahmen
23	Dichtung zwischen Deckel 14 und Rotorkörper 12
20	24 Umgebung des Festwinkelrotors 10
26	Außenumfang des Rotorkörpers 12
28	Rotormantel
29	Wandungen der Aufnahmen 22
30	Bereiche des Rotormantels 28, wo der Rotormantel 28 tangential auf die Aufnahmen 22 trifft
25	32 Unterseite des Rotorkörpers 12
34	unterer Rand des Rotormantels 28
36	Versteifungsrippen erster Art
38	Versteifungsrippen zweiter Art
30	40 den Rotorraum 16 begrenzende Deckfläche der Oberseite 20
42	Aushöhlungen erster Art im Rotorkörper 12
44	Aushöhlungen zweiter Art im Rotorkörper 12
46	Wandung des Rotormantels 28
35	48 Übergänge zwischen den Wandungen 29 der Aufnahmen 22 und den Versteifungsrippen 36
50	Übergänge zwischen den Wandungen 29 der Aufnahmen 22 und den Versteifungsrippen 38
54	Abstufung
40	56 Unterseiten der Aufnahmen 22
58	untere Abdeckung
60	Kupplung
61	Vorsprünge des Rotormantels 28
62	Langseite der Versteifungsrippen 36, 38
45	64 Schmalseite der Versteifungsrippen 36, 38
66	weitere Seite der Versteifungsrippen 36, 38
100	erfindungsgemäßer Festwinkelrotor in einer zweiten bevorzugten Ausgestaltung
102	Rotorkörper
50	104 Aufnahmen
106	Unterseite des Rotorkörpers
108	Nabe
110	unterer Rand des Rotormantels 112
112	Rotormantel
55	114 Versteifungsrippen
116	Rotorraum
118	Deckfläche der Oberseite 120
120	Oberseite

122	Aushöhlungen im Rotorkörper 102
124	Wandungen der Aufnahmen 104
126	Wandung des Rotormantels 112
128	Übergänge zwischen den Wandungen 124 der Aufnahmen 104 und den Versteifungsrippen 114
130	Übergänge zwischen den Versteifungsrippen 114 und der Nabe 108
132	Abstufung
134	Unterseiten der Aufnahmen 102
136	untere Abdeckung
138	Vorsprünge des Rotormantels 112
140	Langseite der Versteifungsrippen 114
142	Schmalseite der Versteifungsrippen 114
144	weitere Seite der Versteifungsrippen 114
200	Laborzentrifuge
202	Gehäuse
204	Vorderseite des Gehäuses 202
206	Bedienfeld
208	Deckel
210	Zentrifugenbehälter
R	Rotorachse
R'	Rotorachse
Z	Zentralachse der Aufnahme 22
Z'	Zentralachse der Aufnahme 104

Patentansprüche

1. Festwinkelrotor (10; 100) für eine Zentrifuge (200), insbesondere eine Laborzentrifuge, mit einem Rotorkörper (12; 102), der eine Nabe (18; 108) und eine Rotorachse (R; R') aufweist, wobei die Nabe (18; 108) um die Rotorachse (R; R') angeordnet ist, wobei in dem Rotorkörper (12; 102) zumindest zwei Aufnahmen (22; 104) für zu zentrifugierende Proben um die Rotorachse (R; R') angeordnet sind, wobei der Rotorkörper (12; 102) eine Oberseite (20; 120) und eine gegenüberliegend angeordnete Unterseite (32; 106) aufweist, wobei die Aufnahmen (22; 104) an der Oberseite (20; 120) Öffnungen zum Einbringen der Proben aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotorkörper (12; 102) an seiner Unterseite (36; 106) zumindest eine Versteifungsrippe (36, 38; 114) aufweist.
2. Festwinkelrotor (10; 100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der zumindest einen Versteifungsrippen (36; 114) in Bezug auf die Rotorachse (R; R') radial verläuft, bevorzugt auf die Aufnahme (22; 104) zu verläuft und insbesondere auf eine Zentralachse (Z; Z') der Aufnahme (22; 104) zu verläuft.
3. Festwinkelrotor (10; 100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der zumindest einen Versteifungsrippen (36; 114) zwischen einer Aufnahme (22; 104) und der Nabe (18; 108) verläuft, bevorzugt mit der Aufnahme und

der Nabe verbunden ist.

4. Festwinkelrotor (10; 100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der zumindest einen Versteifungsrippen (38) in Bezug auf die Rotorachse (R; R') tangential mit einem Abstand zur Rotorachse (R; R') verläuft.
5. Festwinkelrotor (10; 100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der zumindest einen Versteifungsrippen (38) zwischen den beiden Aufnahmen (22; 104) verläuft, bevorzugt mit den Aufnahmen (22; 104) verbunden ist und insbesondere jeweils auf eine Zentralachse (Z; Z') der jeweiligen Aufnahme (22; 104) zu verläuft.
6. Festwinkelrotor (10; 100) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Festwinkelrotor (10; 100) einen rotationssymmetrischen Rotormantel (28; 112) aufweist, der die Aufnahmen (22; 104) umschließt.
7. Festwinkelrotor (10; 100) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufnahmen (22; 104) zumindest bereichsweise in den Rotormantel (28; 112) übergehen.
8. Festwinkelrotor (10; 100) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotorkörper (12; 102) an seiner Unterseite (32; 106) neben der zumindest einen Versteifungsrippe (36, 38; 114) zumindest eine sich in Bezug auf die Rotorachse (R; R') axial erstreckende Aushöhlung (42, 44; 122) zur Materialreduktion aufweist.
9. Festwinkelrotor (10; 100) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aushöhlung (42, 44; 122) zwischen den Aufnahmen (22; 120) angeordnet ist, bevorzugt a) zwischen dem Rotormantel (28), den Wandungen (29) zweier benachbarter Aufnahmen (22) und einer tangential verlaufenden Versteifungsrippe (38) und/oder b) zwischen einer tangential verlaufenden Versteifungsrippe (38), zwei benachbarten radial verlaufenden Versteifungsrippen (36) und der Nabe (18) und/oder c) zwischen dem Rotormantel (112), den Wandungen (124) zweier benachbarter Aufnahmen (104), zwei benachbarten radial verlaufenden Versteifungsrippen (114) und der Nabe (108).
10. Festwinkelrotor (10; 100) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aushöhlung (42, 44; 122) sich zumindest bereichsweise bis zum Rotormantel (28; 12) und/oder bis zur Nabe (18; 108) und/oder bis einer Aufnahme (22; 104) und/oder bis zur den Rotorraum (16; 116) begrenzenden Deckfläche (40; 118) der Oberseite (20; 120) des Rotorkörpers erstreckt, bevorzugt ohne diese Elemente

zu durchbrechen.

11. Festwinkelrotor (10; 100) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke des Rotormantels (28; 112) und/oder die Dicke der Versteifungsrippe (36, 38; 114) und/oder die Dicke der Wandung der Aufnahme (22; 104) und/oder die Dicke des Rotorkörpers (12; 102) an seiner Oberseite (20; 120) zumindest bereichsweise kleiner als 1 cm, bevorzugt kleiner als 5 mm, insbesondere kleiner als 3 mm ist. 5
10

12. Festwinkelrotor (10; 100) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Wandung des Rotormantels (28; 112), in der Wandung (29; 124) der zumindest zwei Aufnahmen (22; 104), an der zumindest einen Versteifungsrippe (36, 38; 114) und/oder an der Aushöhlung (42, 44, 122) nach Anspruch 8 zumindest bereichsweise eine Abstufung (54; 132) hinsichtlich der Materialstärke des Rotorkörpers vorliegt, die bevorzugt in Bezug auf die Rotorachse (R; R') axial angeordnet ist, wobei die Abstufung (54; 132) insbesondere treppenförmig ausgebildet ist. 15
20
25

13. Festwinkelrotor (10; 100) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abstufung (54; 132) eine Stufenbreite und/oder Stufenhöhe im Bereich 0,5 mm bis 8 mm, bevorzugt im Bereich 1 mm bis 6 mm, insbesondere im Bereich 2 mm bis 5 mm aufweist. 30

14. Festwinkelrotor (10; 100) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unterseite (32; 106) des Rotorkörpers (12; 102) eine Abdeckung (58; 136) aufweist, die die Versteifungsrippen (36, 38; 114) und/oder die Aushöhlungen (42, 44; 122) abdeckt. 35

15. Festwinkelrotor (10; 100) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufnahmen (22; 104) bis auf eine Öffnung zum Einfügen der zu zentrifugierenden Proben geschlossen ausgebildet sind. 40
45

45

50

55

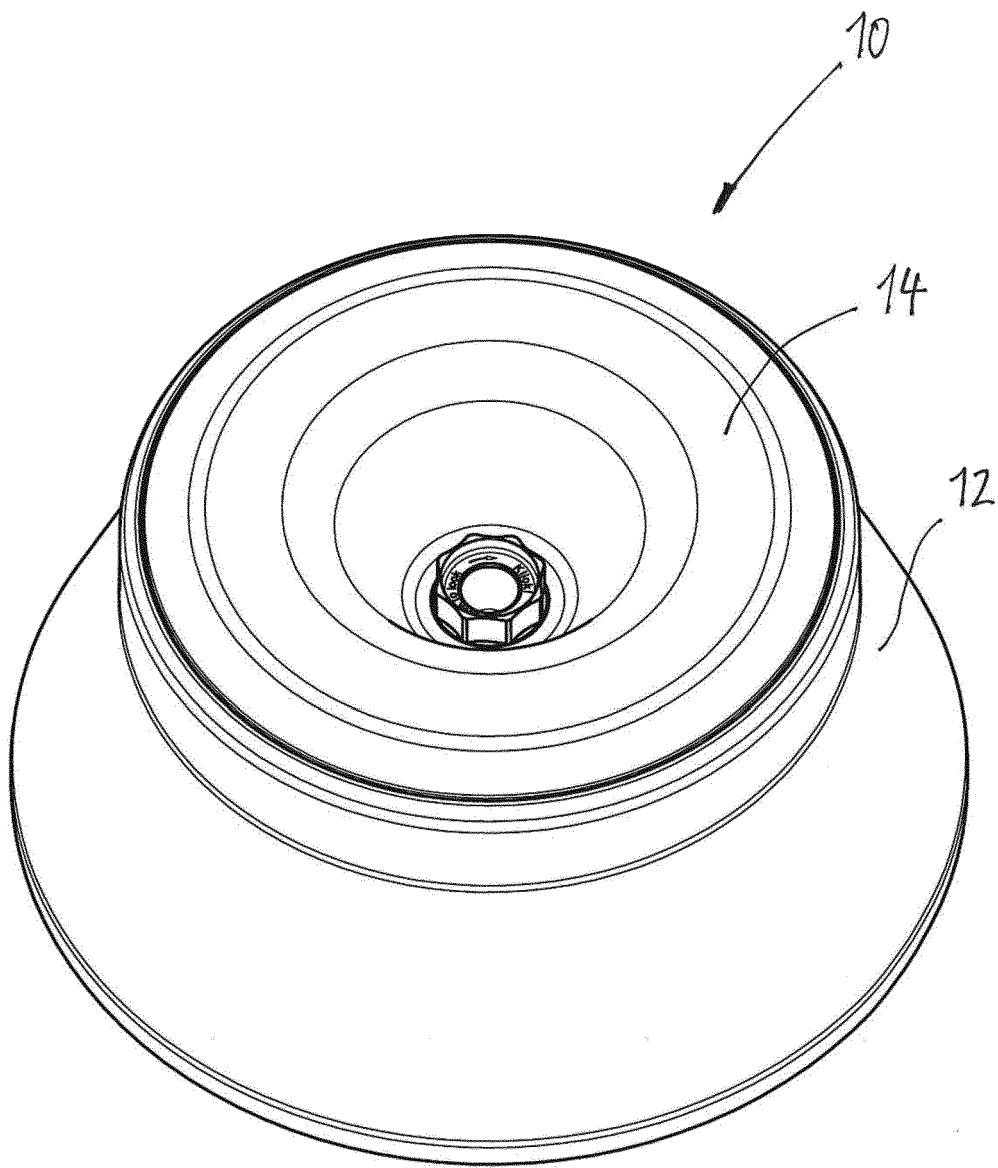


Fig. 1

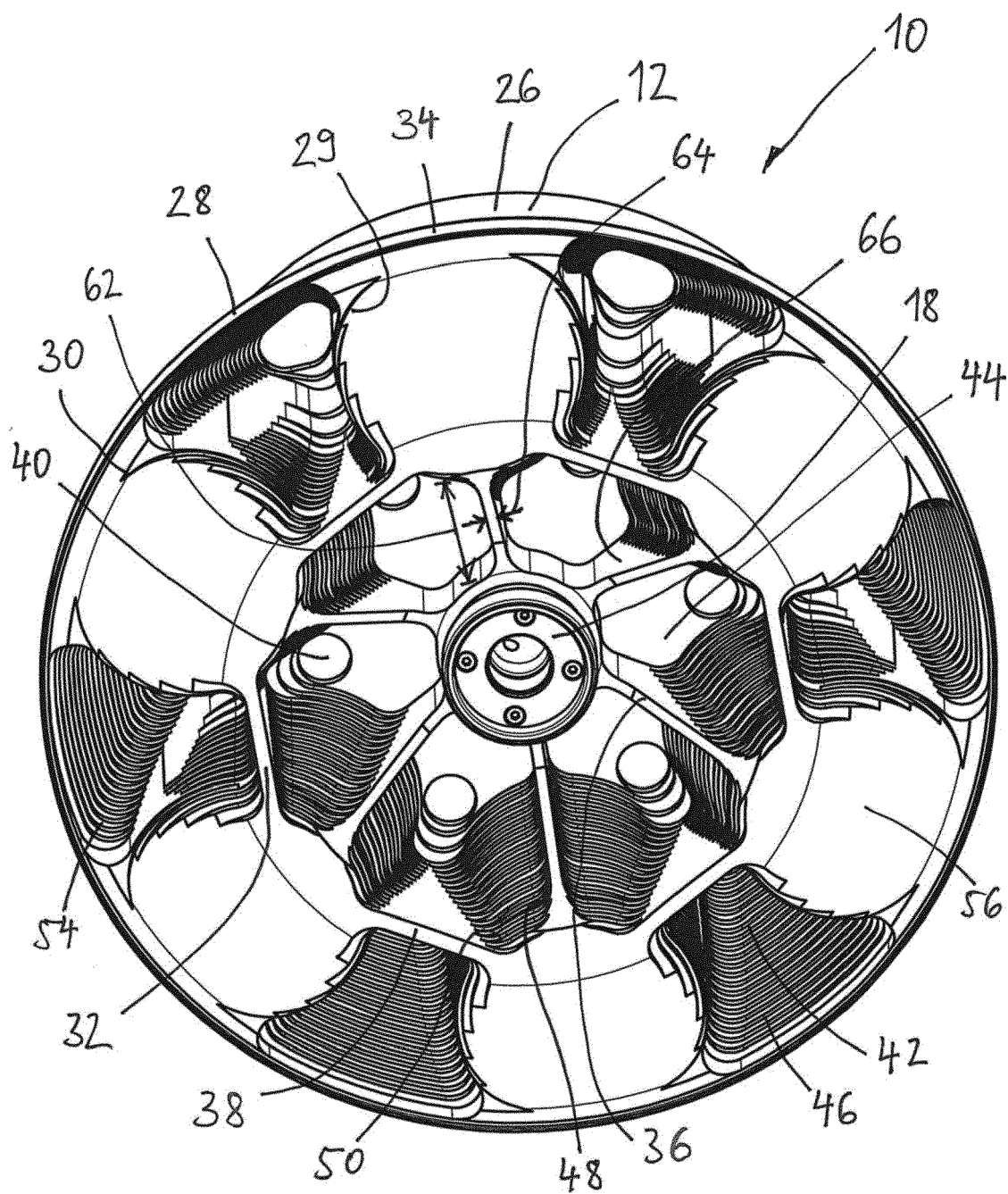


Fig. 2

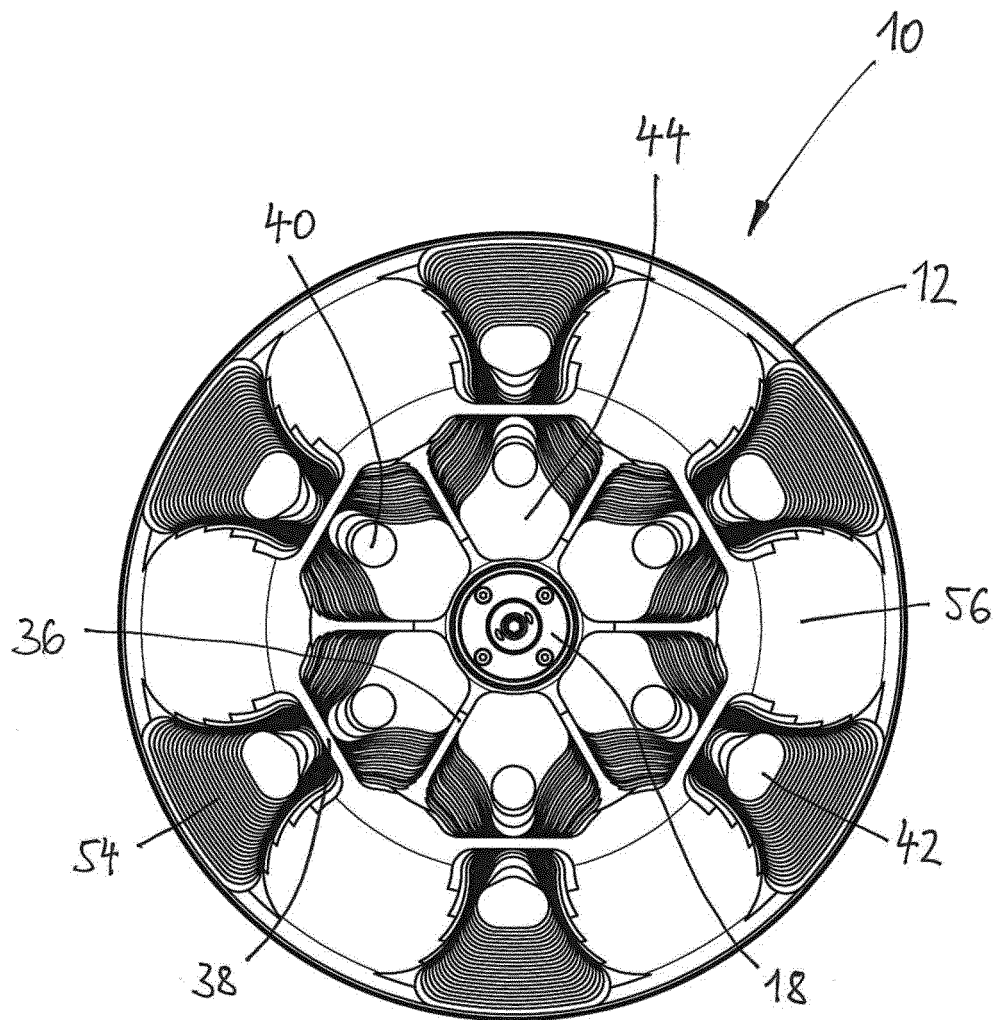


Fig. 3

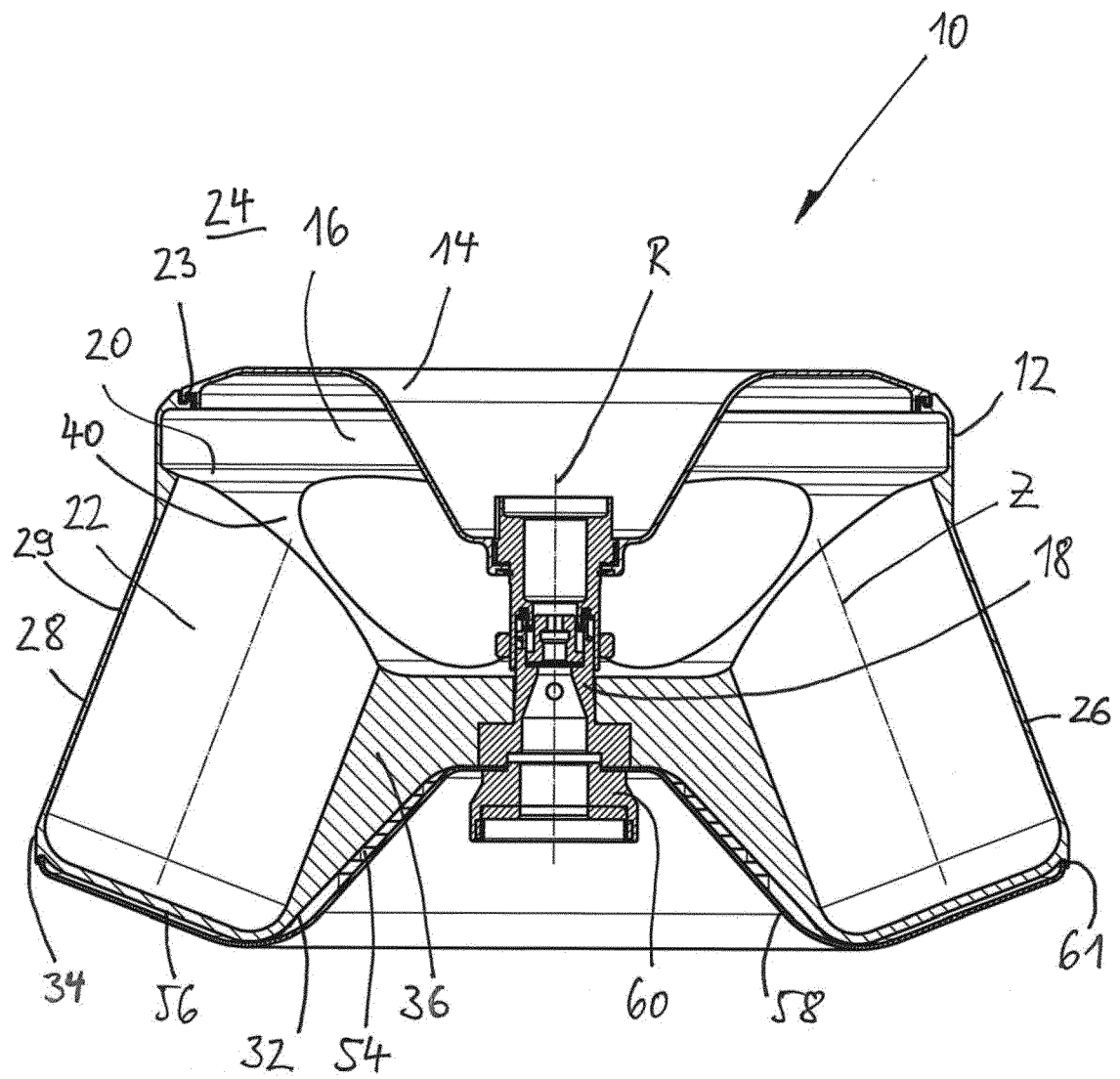


Fig. 4

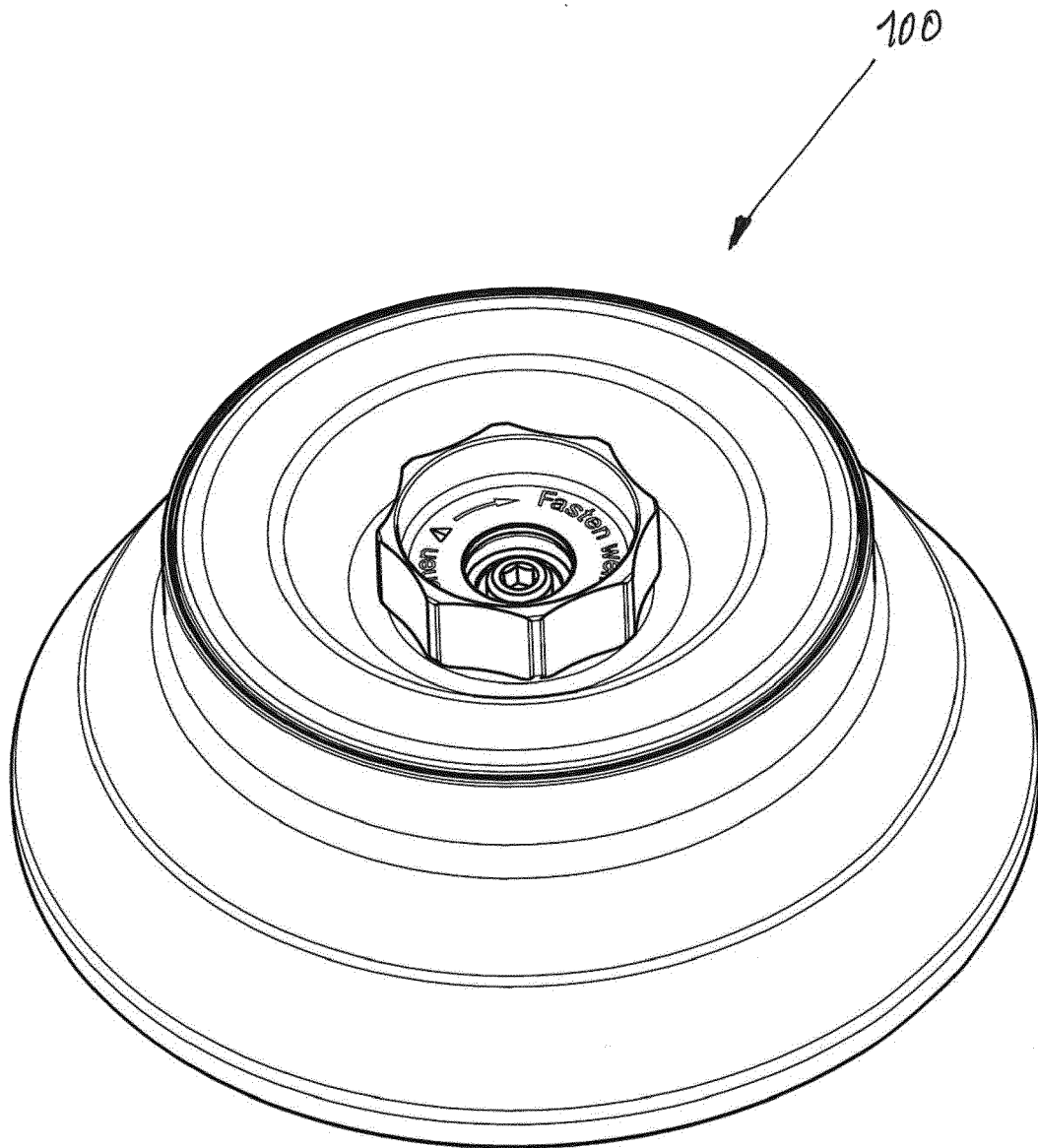


Fig. 5

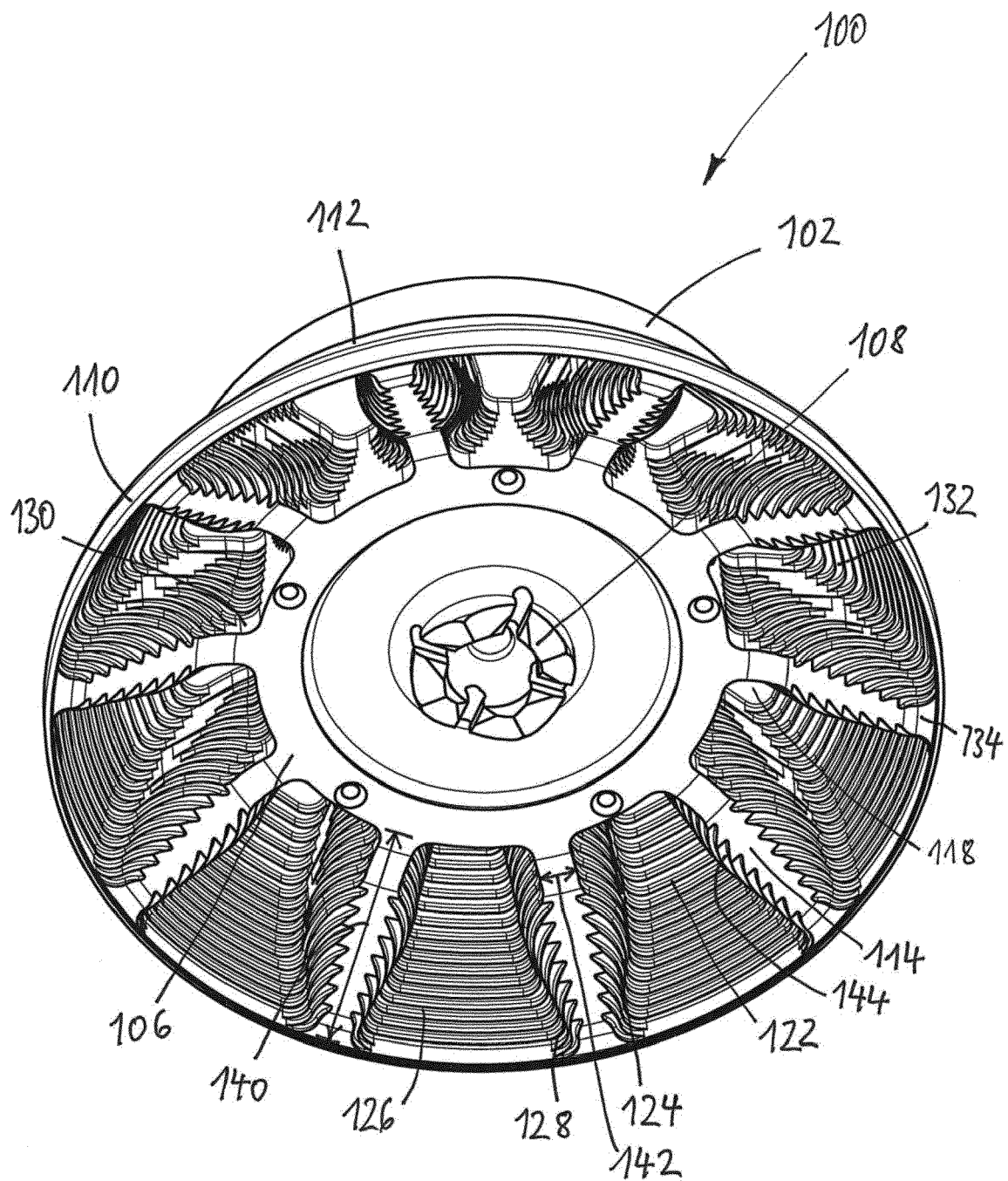


Fig. 6

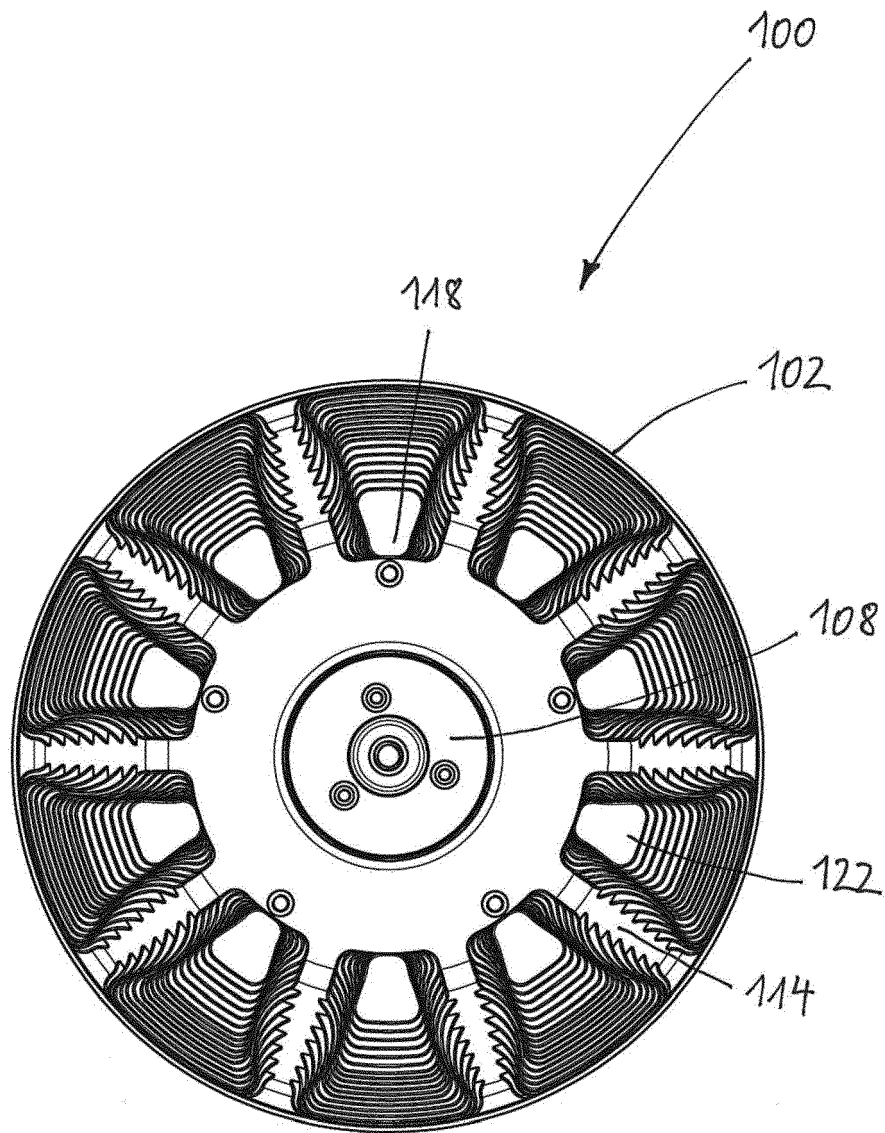


Fig. 7

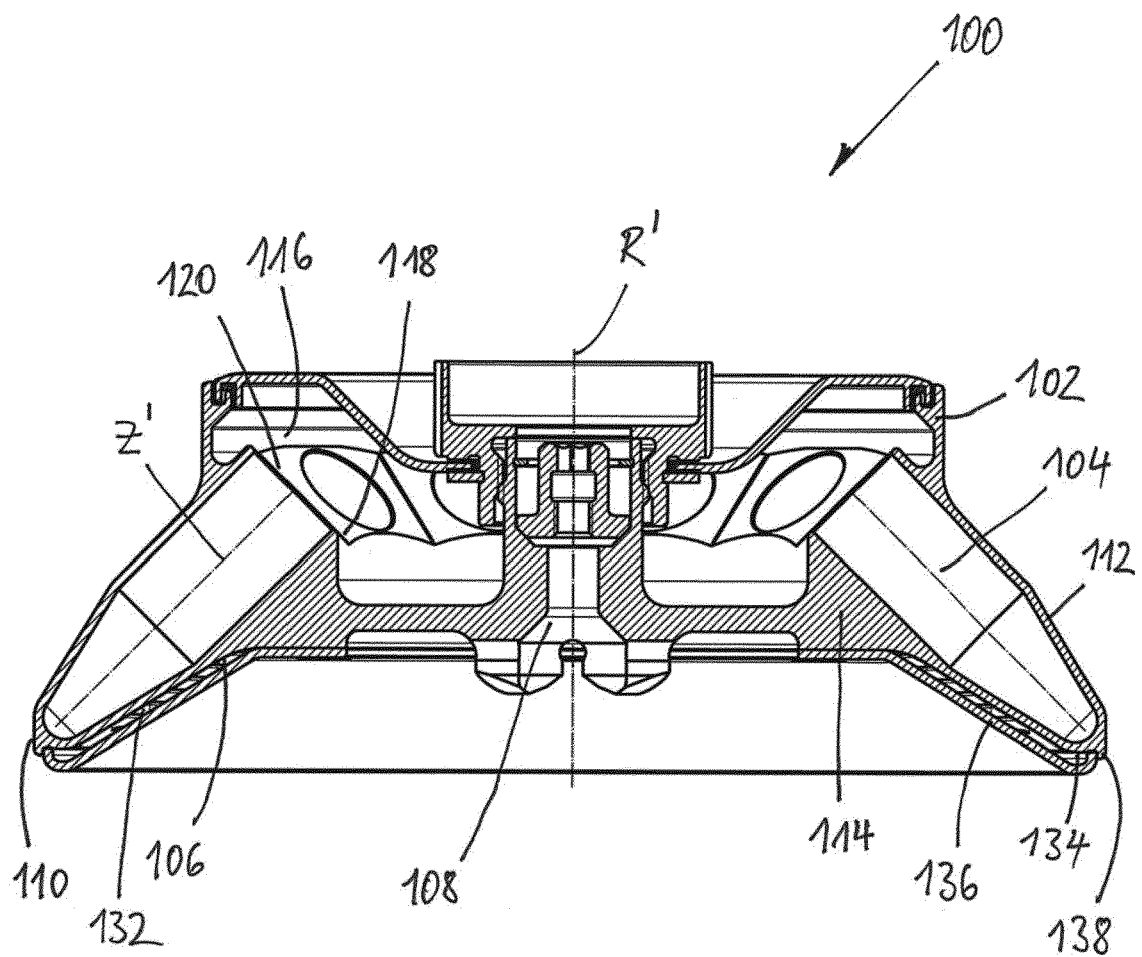


Fig. 8

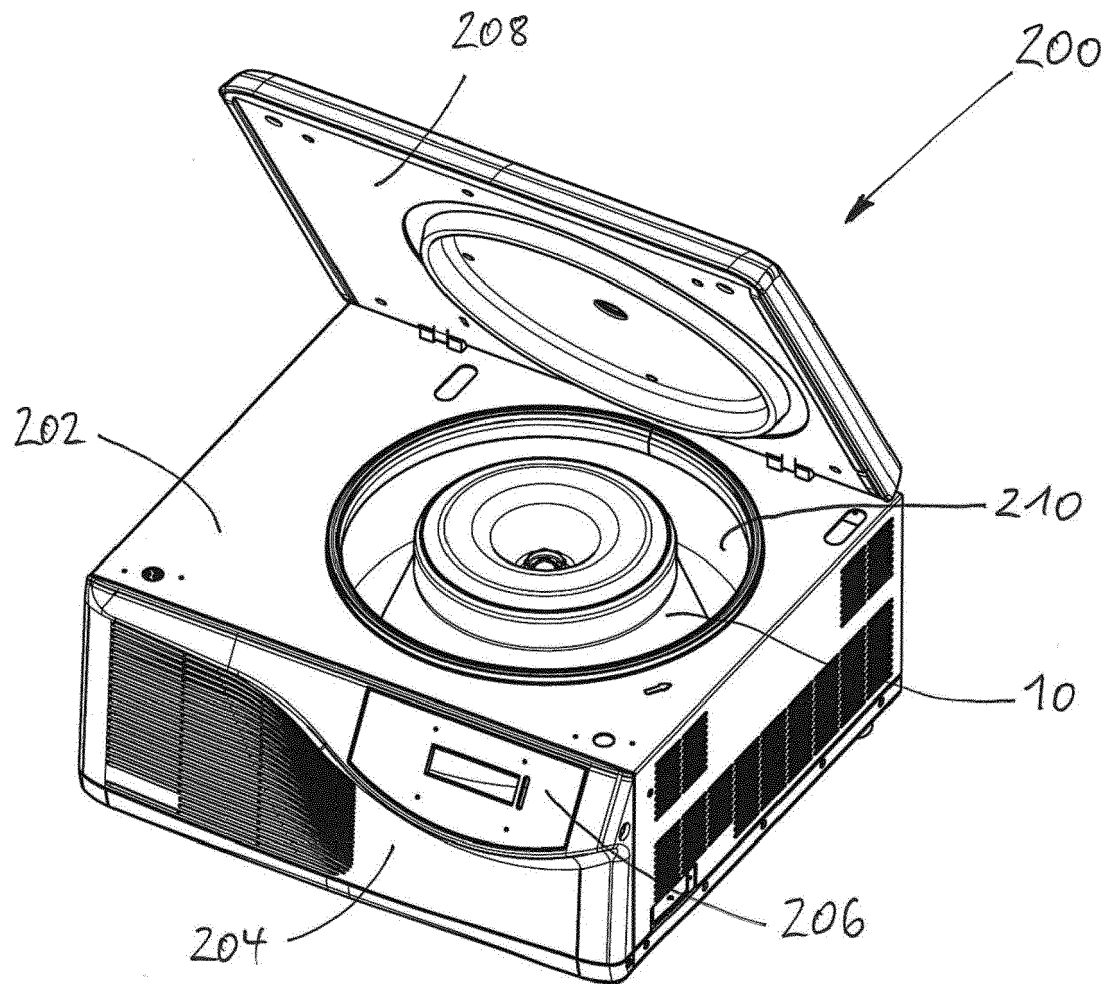


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 19 19 1073

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 40 14 440 C1 (HERAEUS SEPATECH GMBH) 4. Juli 1991 (1991-07-04)	1-4, 6-12, 14, 15 13	INV. B04B5/04 B04B7/08
A	* Abbildungen *		
X	DE 11 2016 000277 T5 (FIBERLITE CENTRIFUGE LLC [US]) 12. Oktober 2017 (2017-10-12) * Abbildungen *	1,5	
X	EP 0 602 485 A2 (EPPENDORF GERAETEBAU NETHELER [DE]) 22. Juni 1994 (1994-06-22) * Abbildungen 28-31 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. November 2019	Prüfer Kopacz, Ireneusz
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 19 1073

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-11-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4014440 C1	04-07-1991	DE 4014440 C1	04-07-1991
		EP 0456898 A2	21-11-1991
DE 112016000277 T5	12-10-2017	CN 207899608 U	25-09-2018
		DE 112016000277 T5	12-10-2017
		GB 2550074 A	08-11-2017
		JP 2018065126 A	26-04-2018
		JP 2018501100 A	18-01-2018
		US 2016193614 A1	07-07-2016
		US 2018361401 A1	20-12-2018
		US 2019210041 A1	11-07-2019
		WO 2016111928 A1	14-07-2016
EP 0602485 A2	22-06-1994	AT 169523 T	15-08-1998
		DE 4242476 C1	11-08-1994
		EP 0602485 A2	22-06-1994
		ES 2121920 T3	16-12-1998
		JP H07303850 A	21-11-1995
		US 5538493 A	23-07-1996

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- DE 3806284 C1 [0005]
- DE 10233536 A1 [0007]
- DE 102011107667 A1 [0008]