



(10) **DE 10 2017 210 021 B4** 2019.03.07

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 210 021.4**  
 (22) Anmeldetag: **14.06.2017**  
 (43) Offenlegungstag: **20.12.2018**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **07.03.2019**

(51) Int Cl.: **F16D 65/12 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Continental Teves AG & Co. OHG, 60488 Frankfurt, DE**

(72) Erfinder:  
**Jungbecker, Johann, 55576 Badenheim, DE;  
 Linhoff, Paul, 61267 Neu-Anspach, DE; Besier, Marco, 65307 Bad Schwalbach, DE; Boden, Sven, Dr., 01217 Dresden, DE; Bach, Uwe, 65527 Niedernhausen, DE**

DE	10 2009 059 806	A1
DE	10 2014 200 705	A1
DE	10 2014 207 369	A1
EP	0 788 468	B1
WO	89/ 09 889	A1
WO	2015/ 159 209	A1
WO	2015/ 179 420	A1

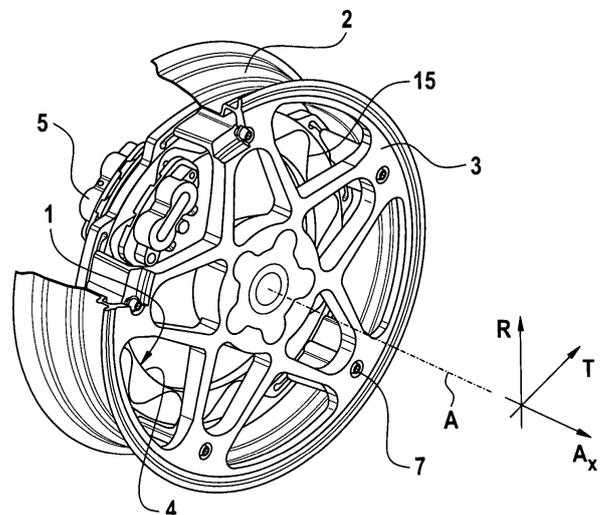
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	197 21 473	C2
DE	25 37 038	A1
DE	42 37 655	A1
DE	195 27 173	A1

**BREUER, Bert ; BILL, Karlheinz H. (Hrsg.)**  
 : Kap. 27 - Bremsen mit nichtmetallischen  
 Bremsscheiben. In: **Bremsenhandbuch:  
 Grundlagen, Komponenten, Systeme,  
 Fahrdynamik. 3. vollst. überarb. und erw. Auflage.**  
 Wiesbaden: Vieweg Verlag, 2006 (ATZ/MTZ-  
 Fachbuch). S. 420-427; XXV-XXXVII; Titelseite. -  
 ISBN 978-3-8348-0064-0; 3-8348-0064-3.

(54) Bezeichnung: **Leichtbaukompositbremsrotor für eine Kraftfahrzeugscheibenbremse**

(57) Hauptanspruch: Leichtbaukompositbremsrotor (1) für eine Kraftfahrzeugbremse, mit mehrlagigem Sandwichaufbau, umfassend mindestens drei Komponenten, von denen ein zentral arrangierter Träger (6) drehfeste Radschnittstellen (7), und Aufnahmeschnittstellen (8) für zwei unlösbar-drehfest an dem Träger (6), sowie planparallel zueinander distanzierte fixe Reibringe (9, 10) ausbildet, wobei jeder der Reibringe (9,10) aus mehreren, konzentrisch versetzten Kreisringsektorsegmenten (11, 11', 11'') mit identischer Krümmung, zusammengesetzt, aufgebaut ist dadurch gekennzeichnet, dass jedes Kreisringsektorsegment (11, 11', 11'') einen Gerüstkörper (13, 13',13'') aus offenporigem keramischem Schaum beinhaltet, und dass die Poren von jedem keramischem Gerüstkörper (13, 13',13'') mit metallischem Gusslegierungswerkstoff (14) durchsetzt sind.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Leichtbaukompositbremssattel zur Kooperation mit einer Kraftfahrzeugscheibenbremse mit den Merkmalen vom Oberbegriff vom Patentanspruch 1.

**[0002]** Aus der WO 2015/179420 A1 geht ein modular segmentiert, aus mehreren Komponenten verschleißresistent gebauter Bremssattel ohne besondere Leichtbaueigenschaften, zwecks Interaktion mit Reibbelägen eines Bremssattels, und mit austauschbar auf einer Aufnahmeoberfläche eines Trägers arrangierten Reibbelagwerkstoffkörpern, zur Ausbildung einer Reibkontaktfläche, die zudem mit einem Verschleißschutzschichtsystem (bspw. TiN, TiXN) versehen sein kann, hervor.

**[0003]** Eine besonders schwingungsgedämpfte, schwermetallische, Verbundgussbremsscheibe mit einem eingeschlossenen Kern aus anderem Werkstoff ist aus der DE 25 37 038 A1 bekannt. Eine Leichtbauverbundgussbremsscheibe mit zugehörigem Herstellungsverfahren geht aus der DE 10 2009 059 806 A1 hervor. Damit die notwendigen Reibeigenschaften unter Vermeidung von Seigerungen, Entmischungen, Dendritbildung oder Oxidkontamination erzielt werden können, umfasst die Konstruktion dieser Bremsscheibe einen Mehrkörper- sowie Mehrstoffaufbau mit einer mit Lüftungskanälen durchsetzten Innenscheibe aus einer Aluminium-Gusslegierung, und zwei mit der Innenscheibe gießtechnisch fest verbundene Reibringe mit Hartstoffpartikelverstärkung oder auch Aluminium-MMC. Dabei wird die Hartstoffpartikelverstärkung bei besonders homogenem Aufbau sowie dosiert per Sprühkompaktierung auf die Reiboberfläche der Aluminiumreibringe aufgebracht.

**[0004]** Keramische Bremsscheiben die innenbelüftete Carbon-Keramik-Reibringe aufweisen, sind aus dem Rennsport sowie aus dem Bremsenhandbuch, Springer Verlag 2006, Hrsg. Breuer/Bill, S. 420 - 426, bekannt. Ein Reibring ist aus CMC-Werkstoff (Ceramic Matrix Composite) gebildet. Dazu sind regellos orientierte und kurzfasrige Carbonfasern in einer Siliziumcarbid-Matrix eingebettet. Der auf Maß bearbeitete keramische Reibring wird austauschbar an einen Bremsscheibentopf aus Edelstahl oder Aluminiumwerkstoff geschraubt oder geklemmt. Herstellungs-durchsatz und Produktion, kurz die Kostensituation, ist verbesserungsfähig.

**[0005]** Die EP 0 788 468 B1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit nämlich Bremssattel mit Belüftungskanälen, indem ein weitestgehend der Endkontur vom Rotor entsprechender poröser Kohlenstoffkörper (Vorprodukt) mit flüssigem Silizium infiltriert wird, und dieser zwecks Pyrolyse anschließend einer Wärmebehandlung unterzogen wird. Es

wird empfohlen eine mechanische Bearbeitung vom Vorprodukt nach dessen Aushärtung - jedoch vor Silizierung und Pyrolyse - vorzunehmen. Prinzipiell können Rundlauffehler oder Unwucht durch Bearbeitung vom Keramikkörper eliminiert werden. Zur austauschbaren Befestigung vom keramischen Rotor an einer Radnabe wird ein gesonderter Kernkörper empfohlen.

**[0006]** Eine Kraftfahrzeugbremsscheibe mit Reibring in Verbundbauweise ist aus der DE 42 37 655 A1 bekannt. Dabei sind zwei miteinander verbundene Reibringe vorgesehen, wobei ein (axial zur Raddrehachse) sichtbar, also fahrzeugaußen, platzierter Reibring aus einem Faserverbundwerkstoff und ein (axial) fahrzeuginnen platzierter Reibring mit dem Bremsscheibentopf aus einem metallischen Graugußwerkstoff besteht. Dadurch werden im Bereich der Reibflächen zwei unterschiedliche Tribosysteme mit einer thermisch dauerfesten Verbundbauweise erhalten, die eine verbesserte Gewichtsbilanz ermöglicht und wobei bei Maßabweichungen des Reibrings eine keramische Reibfläche und eine metallische Reibfläche zu bearbeiten ist, was den Arbeitsaufwand reduziert.

**[0007]** Aus der DE 10 2014 200 705 A1 geht eine innenbelüftete Kraftfahrzeugbremsscheibe umfassend Topf und Reibring in Verbundbauweise, einschließlich Herstellungsverfahren, hervor. Wenigstens ein festes, und zumindest teilweise hohles, ringförmig geschlossenes Einlegeteil aus einem Keramikwerkstoff wird formschlüssig von einem metallischen Gußwerkstoff umhüllt, um im Wesentlichen die Reibflächen auszubilden.

**[0008]** Aus der DE 197 21 473 C2 geht eine Reibeinheit hervor, deren scheibenförmiger Reibkörper aus Kreissegmentteilen puzzleartig verzahnt zusammengesetzt, sowie auf einen Kernkörper aufgelegt ist. Dabei erstrecken sich die Kreissegmentteile jeweils ausgehend vom gemeinsamen Mittelpunkt, bei dem es sich um die Drehachse einer Bremsscheibe handelt, bis nach radial außen, so dass im Ergebnis ein gleichmäßiger und punktsymmetrischer Aufbau, bei gleichmäßig verteiltem Wärmeabtrag, über die gesamte Fläche erzielt wird.

**[0009]** Weil die Effizienzanforderungen, sowohl betreffend Rundlauf- als auch betreffend Maßhaltigkeit unter einfacher Durchmesservariation an die Reibringe moderner Kraftfahrzeuge, bei hohem Kostendruck und notwendiger Gewichtseinsparung, jedoch erheblich verschärft sind, besteht Bedarf zum Nachweis einer entsprechend verbesserten, vereinfachten also weiterentwickelten Lösung, einschließlich Bereitstellung von einem kostengünstig passenden Herstellungsverfahren. Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, die Nachteile vom Stand der Technik zu vermeiden und gleichzeitig eine in-

novativ verbesserte Lösung vorzulegen, deren Konstruktion zudem eine einfache Durchmesservariation zwecks Großserienvariation erlaubt.

**[0010]** Zur Lösung des Problems wird bei einem gattungsgemäßen Rotor nach den Merkmalen vom Oberbegriff vom Patentanspruch 1 vorgeschlagen, dass jeder der Reibringe aus mehreren, konzentrisch zueinander versetzten Kreisringsektorsegmenten mit identischer Krümmung, segmentiert zusammengesetzt, aufgebaut ist, und für die Ausbildung der Reibringe aus leichtem metallischen MMC-Hartstoff empfiehlt es sich wenn jedes Kreisringsektorsegment einen Gerüstkörper aus offenporigem keramischem Schwamm beinhaltet. Zumindest die Poren von jedem keramischem Gerüstkörper sind mit metallischem Gusslegierungswerkstoff (Matrixwerkstoff) durchtränkt. Jeder Gusslegierungswerkstoff, beinhaltet zumindest teilweise, oder überwiegend, Aluminium als Legierungsbestandteil. Erfindungsgemäß wird erstmals ein großseriengerechter, rationeller, automatisierbarer, sowie modular skalierbarer Rotoraufbau, unter Einbezug einer Verarbeitung von keramischem MMC-Leichtwerkstoff ermöglicht.

**[0011]** Das Einlegen der besagten Kreisringsektorsegmente in eine Kokille oder in einen vorgefertigten Träger gestaltet sich reproduzierbar und dennoch einfach, wenn der Träger im Wesentlichen scheibenförmig ohne Topf vorliegt, und wobei jede der Stirnseiten von dem Träger über einseitig offene Kavitäten als formschlüssige Aufnahmeschnittstelle für die Kreisringsektorsegmente verfügt, und wobei die Kavitäten in Axialrichtung zueinander fluchtend, sowie planparallel zueinander ausgerichtet, an dem Träger angeordnet sind. Vorteilhafterweise sind die Kavitäten als simple Kreisinge ausgebildet. Der Aufbau vom Träger wird weiterhin vereinfacht, wenn der Träger massiv, ohne Radialbelüftungskanal, ausgebildet ist.

**[0012]** Eine hocheffiziente Wärmeabfuhr in eine Radschüssel wird erzielt, indem der Träger für die Reibringe über Radschnittstellen verfügt, die in Relation zu einer zentralen Raddrehachse, auf einem radial äußeren Teilkreis an dem Träger angeordnet sind. Dies beinhaltet umgekehrt, dass die Kreisringsektorsegmente, in Relation zu einer Raddrehachse, auf einem radial inneren Teilkreis an dem Träger angeordnet sind. Außerdem ist das Thermomanagement verbessert, indem der Träger aus einem Aluminiumgusslegierungswerkstoff gegossen ausgebildet ist. Die Wärmeabfuhr an die Umgebungsluft wird verbessert, wenn der Träger Kühlmittel, wie insbesondere Kühlrippen, integriert. Unerwünschte thermische Ausdehnung wird einfach mit Hilfe von Ausgleichsmitteln kompensiert. Dabei ist es möglich, dass das Ausgleichsmittel als Aussparung, wie insbesondere als Nut in dem Träger, ausgebildet ist. Zwecks Einbezug eines Gebers für Raddrehensorik kann jeder

Träger vom Reibring wenigstens ein Encodermittel für Raddrehensorik integrieren. Kombinationen von Kühlmittel und Encodermittel sind möglich, komfortabel und daher prinzipiell sinnvoll. Wenn der Träger punktuelle Kavitäten und/oder eine Fixierung von Zusatzmasse ermöglicht, wird eine einfache Auswuchtung ermöglicht.

**[0013]** Zur vollflächig umlaufenden Reibflächengestaltung ist vorgesehen, dass benachbarte Kreisringsektorsegmente im Wesentlichen unmittelbar aneinander angrenzen. Der Kontakt benachbarter Kreisringsektorsegmente erfolgt bevorzugt unter elastischer Vorspannung (Presssitz) über die aneinander angrenzenden Kontaktflächen.

**[0014]** Zur Vermeidung von akustischer Anregung wird empfohlen dass die Kontaktflächen von innenbords arrangierten Kreisringsektorsegmenten in Relation zu den Kontaktflächen von außenbords arrangierten Kreisringsektorsegmenten zueinander verdreht, versetzt vorgesehen sind.

**[0015]** Günstige Rationalisierung ist ermöglicht, indem alle Kreisringsektorsegmente vom Reibring über identische Bogenlängen verfügen. Das Reibverhalten ist adaptierbar, also veränderbar indem die Reibringe mit einer Oberflächenstrukturierung wie insbesondere mit einer oder mit mehreren Nuten, und/oder mit Durchgangslöchern, versehen sind.

**[0016]** Das Reibverhalten ist adaptierbar, also veränderbar indem die Reibringe mit einer Oberflächenstrukturierung wie insbesondere mit einer oder mit mehreren Nuten, und/oder mit Durchgangslöchern, versehen sind.

**[0017]** Hiermit wird auch ein Verfahren zur Herstellung von einem Leichtbaukompositbrem rotor für eine Kraftfahrzeugbremse wie folgt vorgeschlagen. Der Werkstoffverbund vom Rotor umfasst mehrere Komponenten, wobei ein zentral arrangierter Träger aus einem ersten Werkstoff über drehfeste Radschnittstellen sowie Aufnahmeschnittstellen für einen Reibring aus einem zweiten Werkstoff verfügt, der an anderem Ort, gesondert, aus Hartstoff entweder teilweise oder vollständig vorgefertigt ist. Bei teilweiser Vorfabrikation der Kreisringsegmentkörper wird vorgeschlagen, dass a) zuerst ein Reibringrohling aus mehreren Gerüstkörpern erstellt wird, indem kreisringsektorsegmentförmige Gerüstkörper aus offenporigem keramischem Schwamm in die Kavität einer offenen, geteilten Gussformkokille konzentrisch eingelegt werden bis ein kreisringförmig zusammengesetzter Reibringrohling in der Gussformkokille vorliegt, b) dass die geteilte Gussformkokille geschlossen wird, und dass c) anschließend ein flüssiger metallischer Gusslegierungswerkstoff mit Druck derart in die Gussformkokille eingepresst wird, so dass d) durch Verbundguss zeitgleich der Träger ausgebil-

det wird, e) der Reibringrohling mit dem Gusslegierungswerkstoff infiltriert wird, und f) der Reibring im Träger formschlüssig und/oder kraftschlüssig eingeschlossen ist. Vorzugsweise erfolgt vor der Infiltration der Gerüstkörper deren Vorwärmung, indem diese zumindest in etwa auf die Schmelztemperatur von der Metallschmelze gebracht werden.

**[0018]** Bei kompletter Vorfertigung der Kreisringsegmentkörper ist deren Infiltrationsprozess vorgeschaltete, so dass die Rotorfertigung sinngemäß, jedoch ohne den Prozessschritt der Infiltration, erfolgt.

**[0019]** Zwischen Gussformkokille und Gerüstkörper/ Kreisringsegment erfolgt nach dem Einlegen zumindest temporär eine lösbare Positionssicherung durch Integration von geeigneten Halte- oder Sicherungsmitteln, wie beispielsweise kokillenseitig bewegbar gelagerte Schieber, Haltevorsprünge und/oder andere Maßnahmen. Den Kreisringsegmentkörpern/ Gerüstkörpern können zudem Abstandsmittel zugewiesen sein, um deren gegenseitige Parallelität zu gewährleisten, beziehungsweise um gegenseitigen Versatz oder Verschiebung in der Kokille auszuschließen. Im einfachsten Fall sind zu diesem Zweck an der Rückseite von Gerüstkörpern axial gerichtete Abstandsnocken vorgesehen.

**[0020]** Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung im Einzelnen erläutert. In der Zeichnung zeigt:

**Fig. 1** perspektivische Zusammenbauzeichnung eines neuartigen Fahrzeugsystems mit Felgenring, Radschüssel, Bremsrotor und Bremsaktuatorik, ohne periphere Achsbauanteile,

**Fig. 2** perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremsrotors,

**Fig. 3** mikroskopisch hochvergrößertes Schlichtbild zum Werkstoffgefüge des Bremsrotors in **Fig. 2**,

**Fig. 4** perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremsrotors,

**Fig. 5** eine Schnittansicht längs der Schnittlinie V-V in **Fig. 4**,

**Fig. 6** Skizze zur Bremsscheibenvariation mittels mehrerer, zueinander durchmesserunterschieden, sowie aus unterschiedlich gekrümmt gefertigten Kreisringsegmenten, zusammengesetzt aufgebauter Bremsrotoren, und

**Fig. 7** ein poröser keramischer Gerüstkörper.

**[0021]** Ein neuartiges Fahrzeugsystem umfasst nach **Fig. 1** Felgenring, Radschüssel, radial innen umgriffenen Bremsrotor sowie Bremsaktuatorik in Gestalt von einem Festsattel, der zur Fixierung an pe-

riperen Achsbauanteilen vorgesehen ist, und wobei diese peripherie in **Fig. 1** weggelassen ist.

**[0022]** Die Erfindung baut zur Fertigung von einem sandwichartig leicht verbundgegossenen Compositbremsrotor grundsätzlich auf einer Verbundgusstechnologie, inclusive Einlegeteil, auf wie dies grundsätzlich aus der DE 10 2014 200 705 A1 der Anmeldung hervorgeht, so dass der diesbezügliche Offenbarungsgehalt zur Werkstoff- sowie Verbundgusstechnologie bei grundsätzlich obsoletem zentralen Topf und dessen Ersatz durch eine Außenfixierung (radial innen umgriffener Rotor) hierin einbezogen wird. Dieser gewonnene Raum wird schwerpunktmäßig zur Konzentration auf die konstruktiv unterschiedlich gestalteten Merkmale und Schnittstellen des Rotors ausgenutzt.

**[0023]** Der Leichtbaukompositbremsrotor umfasst mindestens drei Komponenten, von denen ein zentral arrangierter Träger drehfeste Radschnittstellen, und Aufnahmeschnittstellen für zwei unlösbar-drehfest an dem Träger, sowie planparallel zueinander fixierte, Reibringe ausbildet. Jeder der Reibringe ist aus mehreren Kreisringsegmenten mit identischer Krümmung, zusammengesetzt, aufgebaut.

**[0024]** Der Träger liegt grundsätzlich scheibenförmig ohne Topf vor, und wobei jede der Stirnseiten von dem Träger über einseitig offene Kavitäten als formschlüssige Aufnahmeschnittstelle für die Kreisringsegmente verfügt, und wobei die Kavitäten in Axialrichtung koaxial zueinander fluchtend, sowie planparallel zueinander ausgerichtet, an dem Träger angeordnet sind. Die Kavitäten sind bevorzugt als Kreisringe ausgebildet.

**[0025]** Radschnittstellen sind in Relation zur zentralen Raddrehachse auf einem radial außen allokierten Teilkreis an dem Träger angeordnet. Die Kreisringsegmente sind in Relation zur Raddrehachse auf einem radial innen allokierten Teilkreis vorgesehen. Die zueinander benachbarten Kreisringsegmente eines gemeinsamen Reibrings grenzen im Wesentlichen unmittelbar aneinander an.

**[0026]** Insbesondere **Fig. 6** verdeutlicht, dass die jeweils benachbarten Kreisringsegmente eines Reibrings unter leichter elastischer Vorspannung (Presssitz) über radial zur Raddrehachse gerichtete, glatt gestaltete, Kontaktflächen aneinander angrenzen. Dies gilt gleichermaßen für die jeweils innenbords oder außenbords platzierten Reibflächen. Die Kontaktflächen von den innenbords arrangierten Kreisringsegmenten können in Relation zu den Kontaktflächen von den außenbords arrangierten Kreisringsegmenten zueinander verdreht, versetzt vorgesehen sein.

**[0027]** Die Reibringe sind mit Gerüstkörpern zum Aufbau aus Hartstoffwerkstoff gebildet, und jedes Kreisringsektorsegment verfügt zu diesem Zweck über einen Gerüstkörper aus offenporigem keramischem Schwamm. Sämtliche Gerüstkörper, beziehungsweise alle Kreisringsektorsegmente, vom Rotor beziehungsweise Reibring verfügen über identisch übereinstimmende Bogenlängen. Zumindest die Poren von jedem keramischem Gerüstkörper sind mit metallischem Gusslegierungswerkstoff (Matrixwerkstoff) durchsetzt. Der Leichtmetallgusslegierungswerkstoff beinhaltet, zumindest teilweise, oder überwiegend, Aluminium als Legierungsbestandteil. Prinzipiell kann der Träger separat aus einem Aluminiumgusslegierungswerkstoff vorgefertigt gegossen ausgebildet sein, bevor die Fixierung der Reibringsektorsegmente erfolgt. Alternativ erfolgen diese Schritte gemeinsam in einer einzigen Kokille/Form, indem die Kreisringsektorsegmente zuvor in die Kokille/Form eingelegt werden. Insbesondere kann der Träger wie in **Fig. 5** ersichtlich massiv, ohne Radialbelüftungskanal, ausgebildet sein.

**[0028]** Wie aus den **Fig. 1** und **Fig. 2** hervorgeht, kann jeder der Reibringe mit einer Oberflächenstrukturierung, wie insbesondere mit einer oder mit mehreren Nuten, und/oder mit Durchgangslöchern, versehen sein.

**[0029]** Der **Fig. 4** ist eine Ausführungsform eines Rotors mit einem Träger entnehmbar, welcher radial außen am Umfang mit Abstand zueinander und zwischen den Radschnittstellen versetzte Abschnitte mit Kühlmittel integriert. Die Kühlmittel können als erhabene ausgeprägte Bereiche mit effizient vergrößerter Oberfläche gestaltet sein, welche insbesondere quer zur Rotationsbewegung, nämlich als sternförmig nach radial innen Richtung Raddrehachse ausgerichtete Kühlrippenstück gebildet sind.

**[0030]** Sämtliche Ausführungsformen der **Fig. 1-6** lassen jeweils im Bereich einer Radschnittstelle, etwa zwischen Rad und Träger, elastische Ausgleichsmittel erkennen. Die Ausgleichsmittel sind in Radialrichtung zwischen der Reibfläche vom Reibring und der jeweiligen Radschnittstelle platziert vorgesehen. Dabei ist jedes Ausgleichsmittel als Aussparung, wie insbesondere als offene Nut bzw. Schlitz in dem Träger, ausgebildet. In Draufsicht ist die Kontur der Aussparung klammerförmig geschweift.

**[0031]** Zum einfachen Ausgleich etwaiger Unwucht ist es besonders dienlich wenn dem Reibring wenigstens ein Auswuchtmittel zugeordnet ist, und wobei das Auswuchtmittel als gesonderte Aussparung und/oder als Zusatzmasse in dem Träger ausgebildet ist.

**[0032]** Zur baulichen Vereinfachung in Kooperation mit elektronisch geregelten Kraftfahrzeugbremssystemen kann jeder Träger ein Encodermittel als Ge-

ber für Raddrehensorik aufweisen. Es ist möglich die Encodermittel austauschbar wie insbesondere Ringförmig vorzusehen oder das Encodermittel stoffschlüssig in die Urformung vom Träger zu integrieren. Weiterhin versteht es sich, dass Kühlmittel und Encodermittel integral kombiniert vorgesehen sein können, indem Kühlrippen gleichzeitig als Geber für die Drehensorik wirksam sind.

**[0033]** Eine vielfach erweiterte Anwendung vom Leichtbaucompositbremssrotor ist ermöglicht, indem dessen Reibring als Bremsscheibe mit einem Topf, oder als topfförmige Bremstrommel, ausgeprägt ist.

**[0034]** Die Erfindung erstreckt sich auch auf ein passendes Verfahren zur Herstellung von einem Leichtbaucompositbremssrotor für eine Kraftfahrzeugbremse mit Sandwich-Werkstoffverbund mehrerer Komponenten, wobei ein zentral arrangierter Träger aus einem ersten Werkstoff über drehfeste Radschnittstellen sowie Aufnahmeschnittstellen für einen Reibring aus einem zweiten Werkstoff verfügt, der an anderem Ort, gesondert, aus Hartstoff vorgefertigt ist. Zur besseren Herstellung einschließlich Rationalisierung wird vorgeschlagen, dass a) zuerst ein Reibringrohling aus mehreren Gerüstkörpern erstellt wird, indem kreisringsektorsegmentförmige Gerüstkörper aus offenporigem keramischem Schwamm in die Kavität einer offenen, geteilten Gussformkokille konzentrisch eingelegt werden bis ein kreisringförmig zusammengesetzter Reibringrohling in der Gussformkokille vorliegt, b) dass die geteilte Gussformkokille geschlossen wird, und dass c) anschließend ein flüssiger metallischer Gusslegierungswerkstoff mit Druck derart in die Gussformkokille eingepresst wird, so dass d) durch Verbundguss zeitgleich der Träger ausgebildet wird, e) der Reibringrohling mit dem Gusslegierungswerkstoff infiltriert wird, und f) der Reibring im Träger formschlüssig und/oder kraftschlüssig eingeschlossen ist.

**[0035]** Das Herstellverfahren und der Gegenstand beinhalten verkürzt zusammenfassend grundsätzlich folgende Vorteile. Einfach im Durchmesser skalierbarer MMC-Verbundbremssrotor (Metal Matrix Composite) mit Gewichtsoptimierung vom Rotor bei bestmöglicher Korrosionsresistenz. Daher erscheint die Erfindung besonders geeignet für rekuperationsfähige, zumindest teilweise elektrisch angetriebene, Fahrzeuge. Der Rotor, wie insbesondere der Träger, ist schwerpunktmäßig aus einem Aluminiumgrundwerkstoff wie insbesondere z. B. AlSi7Mg0,3 oder ähnlich aufgebaut. Um die benötigten mechanischen, thermischen und tribologischen Eigenschaften vom Reibring zu erzielen, werden der Aluminiumlegierung Siliziumkarbidpartikel mit bestimmter Körngröße zugesetzt. Bei den üblicherweise angewendeten Gießverfahren (z. B. Rührgießen) kann es jedoch zu Entmischungsvorgängen kommen. Zur Verhinderung einer nachteiligen Entmischung während des Gießens

schlägt die Erfindung zur Ausbildung der Reibringe poröse keramische Gerüstkörper in Kreisringsektorsegmentform vor, die vom Gusswerkstoff durchsetzt werden. Die Gerüstkörper sind vorzugsweise aus Siliziumcarbid ausgebildet. Die handlichen Kreisringsektorsegmentstücke werden annähernd auf die Schmelztemperatur des Aluminiumgrundwerkstoffs erwärmt, in eine Druckgussform positionssicher eingelegt, und unter Druck und Temperatur mit dem Grundwerkstoff infiltriert (z.B. Squeeze-Mould-Verfahren). Hierbei werden die porösen Gerüstkörper von dem flüssigen Grundwerkstoff durchdrungen und bilden beim Erstarren des Grundwerkstoffs mit diesem einen festen Verbund in Form eines Durchdringungsgefüges.

#### Bezugszeichenliste

1	Leichtbaucompositbremsrotor
2	Felgenring
3	Radschüssel
4	Bremsrotor
5	Bremsaktuatorik (Festsattel)
6	Träger
7	Radschnittstelle
8	Aufnahmeschnittstelle
9	Reibring
10	Reibring
11, 11', 11''	Kreisringsektorsegment
12, 12', 12''	Kontaktfläche
13, 13', 13''	Gerüstkörper
14	Matrixwerkstoff/Gusslegierungswerkstoff
15	Oberflächenstrukturierung
16, 16', 16''	Kühlmittel
17, 17', 17''	Ausgleichmittel
18	Encodermittel
19	Auswuchtmittel
A	Raddrehachse
Ax	Axialrichtung
I	Innenbords (bezogen auf ein Fahrzeugradhaus)
O	Aussenbords (bezogen auf ein Fahrzeugradhaus)
R	Radialrichtung
T	Tangentialrichtung

#### Patentansprüche

1. Leichtbaucompositbremsrotor (1) für eine Kraftfahrzeugbremse, mit mehrlagigem Sandwichaufbau, umfassend mindestens drei Komponenten, von denen ein zentral arrangierter Träger (6) drehfeste Radschnittstellen (7), und Aufnahmeschnittstellen (8) für zwei unlösbar-drehfest an dem Träger (6), sowie planparallel zueinander distanzierte fixe Reibringe (9, 10) ausbildet, wobei jeder der Reibringe (9,10) aus mehreren, konzentrisch versetzten Kreisringsektorsegmenten (11, 11', 11'') mit identischer Krümmung, zusammengesetzt, aufgebaut ist **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes Kreisringsektorsegment (11, 11', 11'') einen Gerüstkörper (13, 13', 13'') aus offenporigem keramischem Schaum beinhaltet, und dass die Poren von jedem keramischem Gerüstkörper (13, 13', 13'') mit metallischem Gusslegierungswerkstoff (14) durchsetzt sind.

2. Leichtbaucompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (6) scheibenförmig ohne Topf vorliegt, und wobei jede der Stirnseiten von dem Träger (6) über einseitig offene Kavitäten als formschlüssige Aufnahmeschnittstelle (8) für die Kreisringsektorsegmente (11, 11', 11'') verfügt, und wobei die Kavitäten in Axialrichtung (Ax) zueinander fluchtend, sowie planparallel zueinander ausgerichtet, an dem Träger (6) angeordnet sind.

3. Leichtbaucompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kavitäten als Kreisringe ausgebildet sind.

4. Leichtbaucompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Radschnittstellen (7), in Relation zu einer zentralen Raddrehachse (A), auf einem radial äußeren Teilkreis an dem Träger angeordnet sind.

5. Leichtbaucompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kreisringsektorsegmente (11, 11', 11''), in Relation zu einer Raddrehachse (A), auf einem radial inneren Teilkreis an dem Träger (6) angeordnet sind.

6. Leichtbaucompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-5, **dadurch gekennzeichnet**, dass benachbarte Kreisringsektorsegmente (11, 11', 11'') unmittelbar aneinander angrenzen.

7. Leichtbaucompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die benachbarten Kreisringsektorsegmente (11, 11', 11'')

unter elastischer Vorspannung (Presssitz) über Kontaktflächen (12, 12', 12'') aneinander angrenzen.

8. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontaktflächen (12, 12', 12'') von innenbords arrangierten Kreisringsektorsegmenten (11, 11', 11'') in Relation zu den Kontaktflächen (12, 12', 12'') von außenbords arrangierten Kreisringsektorsegmenten (11, 11', 11'') zueinander verdreht, versetzt vorgesehen sind.

9. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-8, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle Kreisringsektorsegmente (11, 11', 11'') vom Reibring (9,10) über identische Bogenlänge verfügen.

10. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gusslegierungswerkstoff (14), zumindest teilweise, oder überwiegend, Aluminium als Legierungsbestandteil beinhaltet.

11. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (6) aus einem Aluminiumgusslegierungswerkstoff gegossen ausgebildet ist.

12. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (6) massiv, ohne Radialbelüftungskanal, ausgebildet ist.

13. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der die Reibringe (9,10) mit einer Oberflächenstrukturierung (15) wie insbesondere mit einer oder mit mehreren Nuten, und/oder mit Durchgangslöchern, versehen sind.

14. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (6) Kühlmittel (16, 16', 16''), wie insbesondere Kühlrippen, integriert.

15. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Bereich der Radschnittstellen (7), zwischen Radschüssel (3) und Träger (6), elastische Ausgleichsmittel (17, 17', 17'') vorgesehen sind.

16. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach Anspruch 15, **dadurch**

**gekennzeichnet**, dass das Ausgleichsmittel (17, 17', 17'') als Aussparung in dem Träger (6), ausgebildet ist.

17. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (6) Encodermittel (18) für Rad-drehsensorik integriert.

18. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach Anspruch 14 und 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kühlmittel (16, 16', 16'') die Encodermittel (18) beinhaltet, und umgekehrt.

19. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reibring (9, 10) als Bremsscheibe mit einem Topf, oder als topfförmige Bremstrommel, ausgebildet ist.

20. Leichtbaukompositbremsrotor (1), für eine Kraftfahrzeugbremse nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reibring (9, 10) wenigstens ein Auswuchtmittel (19) zugeordnet ist, und wobei das Auswuchtmittel (19) als gesonderte Aussparung und/oder als Zusatzmasse ausgebildet ist.

21. Verfahren zur Herstellung von einem Leichtbaukompositbremsrotor (1) für eine Kraftfahrzeugbremse mit Werkstoffverbund mehrerer Komponenten, wobei ein zentral arrangierter Träger (6) aus einem ersten Werkstoff über drehfeste Radschnittstellen (7) sowie Aufnahmeschnittstellen (8) für einen Reibring (9, 10) aus einem zweiten Werkstoff verfügt, der an anderem Ort, als Gerüstkörper (13, 13', 13'') gesondert, aus Hartstoff teilweise vorgefertigt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass a) zuerst ein Reibringrohling aus mehreren Gerüstkörpern (13, 13', 13'') erstellt wird, indem kreisringsektorsegmentförmige Gerüstkörper (13, 13', 13'') aus offenerporigem keramischem Schwamm in die Kavität einer offenen, geteilten Gussformkokille konzentrisch eingelegt werden bis ein kreisringförmig zusammengesetzter Reibringrohling in der Gussformkokille vorliegt, b) dass die geteilte Gussformkokille geschlossen wird, und dass c) anschließend ein flüssiger metallischer Gusslegierungswerkstoff mit Druck derart in die Gussformkokille eingepresst wird, so dass d) durch Verbundguss zeitgleich der Träger (6) ausgebildet wird, e) der Reibringrohling mit dem Gusslegierungswerkstoff infiltriert wird, und f) der Reibring im Träger (6) formschlüssig und/oder kraftschlüssig eingeschlossen ist.

22. Verfahren zur Herstellung von einem Leichtbaukompositbremsrotor (1) für eine Kraftfahrzeug-

bremse mit Werkstoffverbund mehrerer Komponenten, wobei ein zentral arrangierter Träger (6) aus einem ersten Werkstoff über drehfeste Radschnittstellen (7) sowie Aufnahmeschnittstellen (8) für einen Reibring (9, 10) aus einem zweiten Werkstoff verfügt, der an anderem Ort aus Hartstoff vorgefertigt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass a) zuerst ein Reibringrohling aus mehreren Kreisringsektorsegmenten (11, 11', 11'') mit identischer Krümmung, in einer offenen Gussformkokille eingelegt, zusammengesetzt und gesichert wird, um einen kreisringförmig zusammengesetzten Reibringrohling in der Gussformkokille zu erhalten, b) dass die geteilte Gussformkokille geschlossen wird, und dass c) anschließend ein flüssiger metallischer Gusslegierungswerkstoff mit Druck derart in die Gussformkokille eingepresst wird, so dass d) durch Verbundguss zeitgleich der Träger (6) ausgebildet wird, und e) der Reibring im Träger (6) formschlüssig und/oder kraftschlüssig eingeschlossen ist.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass Gerüstkörper (13, 13', 13'') oder Kreisringsektorsegmente (11, 11', 11'') in der Gussformkokille fixiert sowie vor dem Verbundguss vorgewärmt werden.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

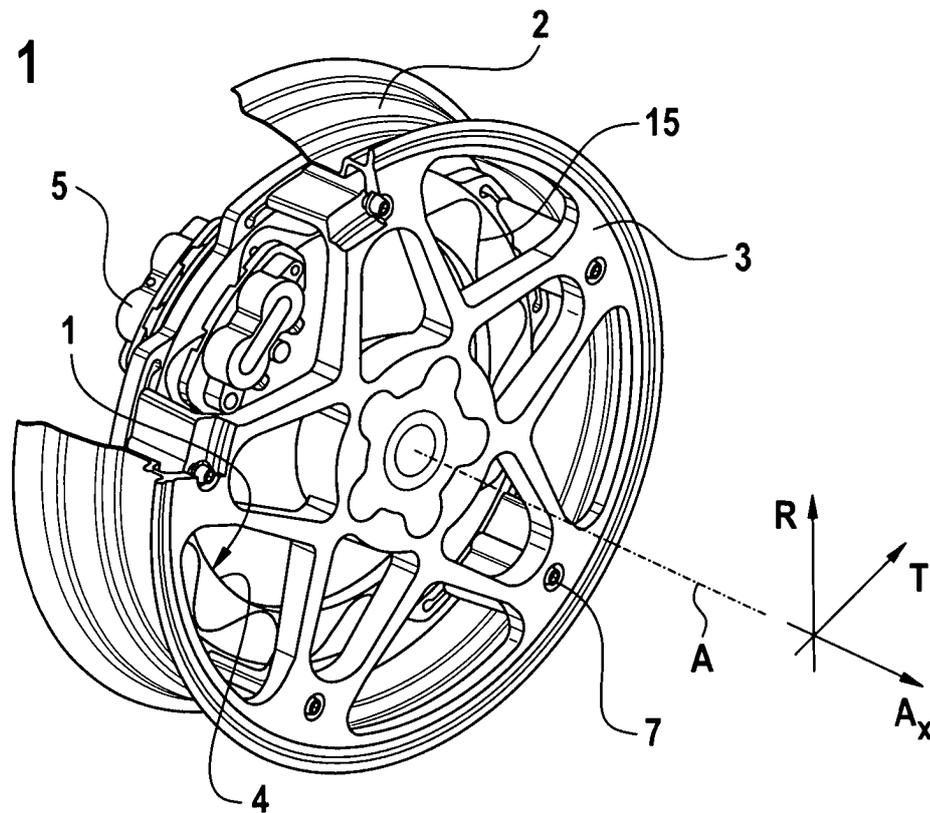


Fig. 2

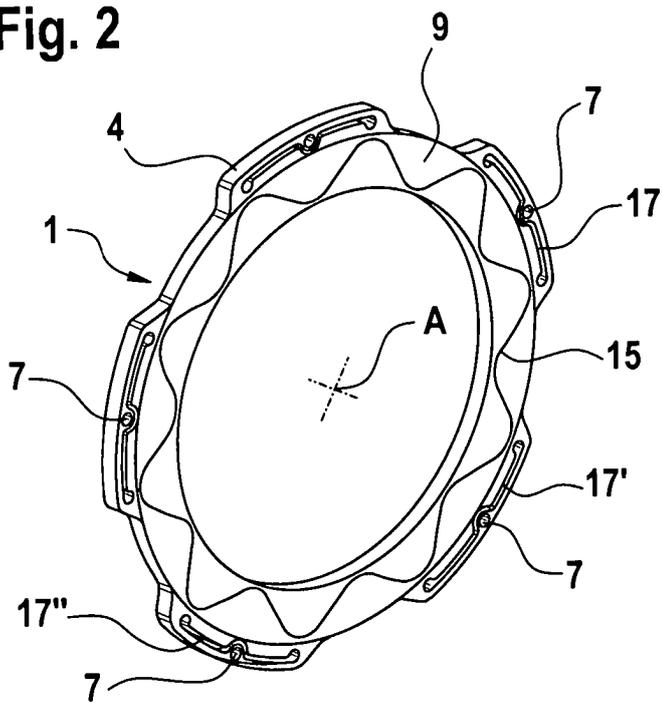


Fig. 3



Fig. 4

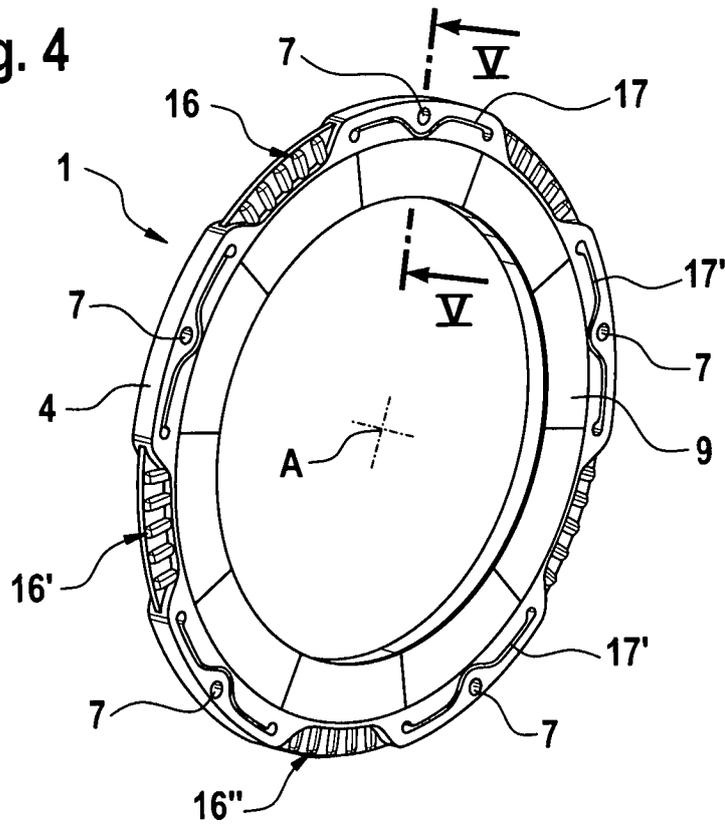


Fig. 5

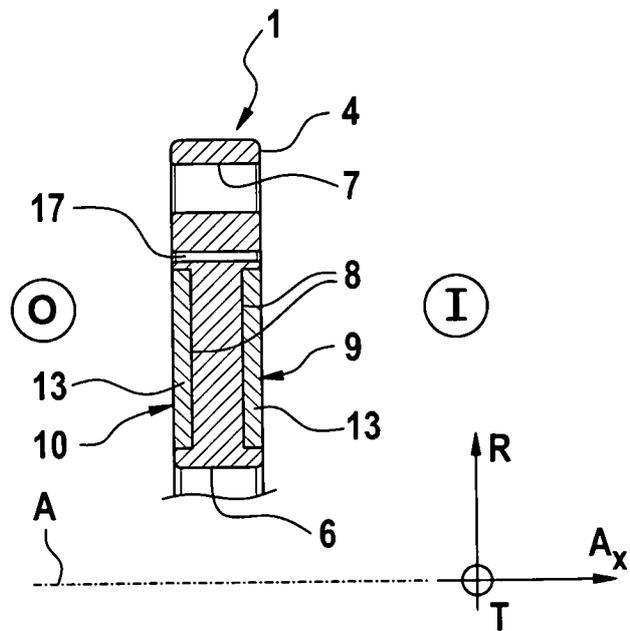


Fig. 6

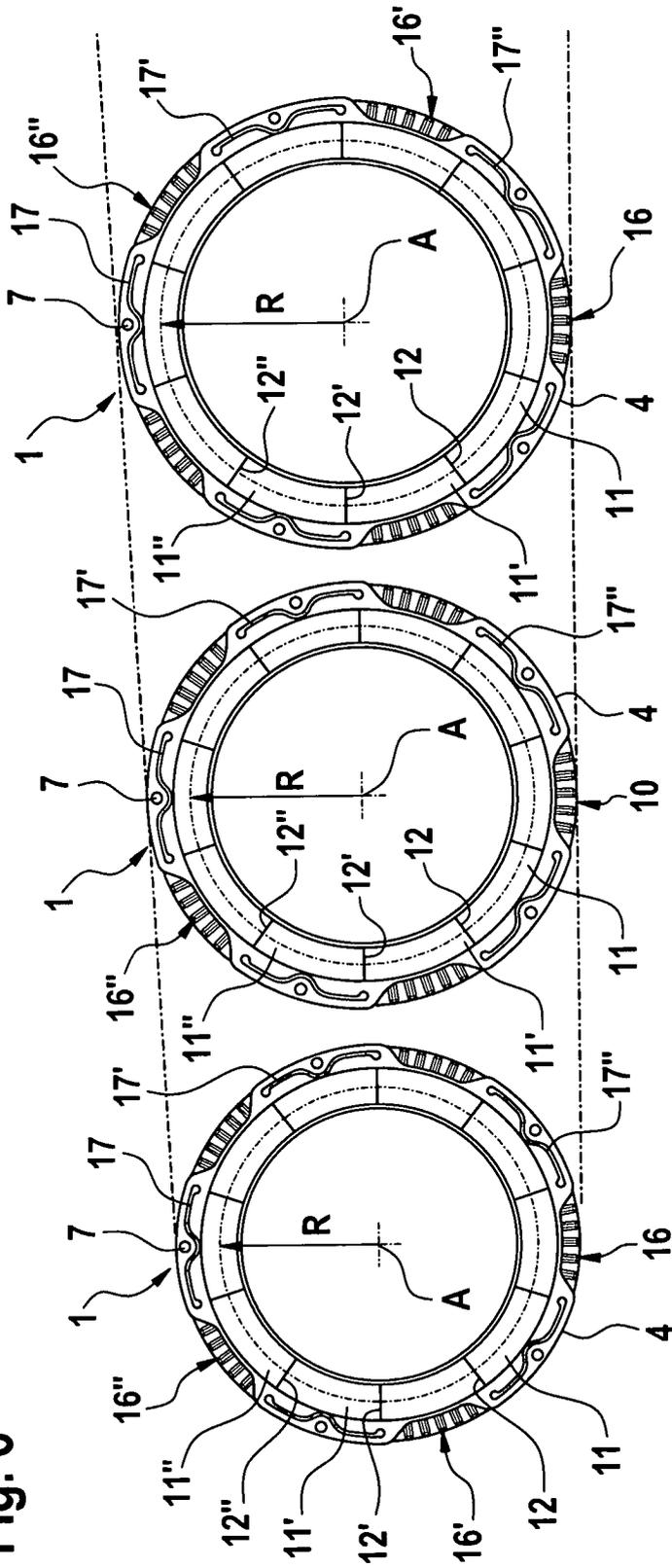


Fig. 7

