



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 027 219 A1** 2007.12.20

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 027 219.6**

(22) Anmeldetag: **12.06.2006**

(43) Offenlegungstag: **20.12.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H02K 55/02 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Frank, Michael, Dr., 91080 Uttenreuth, DE; Haßelt,  
Peter van, Dr., 91058 Erlangen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE10 2004 039855 A1**

**DE 199 43 783 A1**

**DE 695 01 099 T2**

**GB 13 61 426 A1**

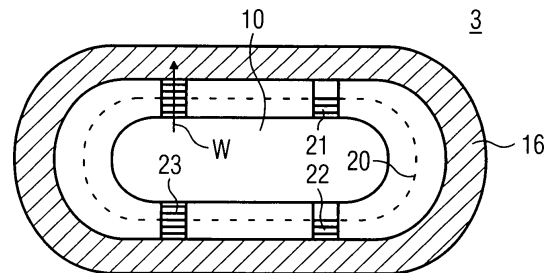
**WO 98/02 953 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Maschine mit ungekühltem Rotorkörper und gekühlter Rotorwicklung sowie zugeordneter Halte- und/oder Abstützeinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Maschine mit einem um eine Rotationsachse drehbar gelagerten ungekühlten Rotor, der an seiner Außenseite Ausnehmungen oder Abplattungen aufweist. Im Querschnittsbereich dieser Abplattungen soll wenigstens eine in einem Kryostaten mit einer Kryostatenwand untergebrachte, auf Tieftemperatur zu kühlende Rotorwicklung angeordnet sein. Eine Halte- und/oder Abstützeinrichtung dient zur Übertragung von an der Rotorwicklung angreifenden Kräften über die Kryostatenwand hinweg auf den Rotorkörper. Die Halte- und/oder Abstützeinrichtung soll zur Verminderung von Verlusten im Kühlsystem, die infolge von Wärmeleitung auftreten, wenigstens ein Abstützelement enthalten, welches mit Mitteln zur Verminderung der Wärmeleitfähigkeit ausgestattet ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Maschine mit ungekühltem Rotorkörper und gekühlter Rotorwicklung sowie zugeordneter Halte- und/oder Abstützeinrichtung

**[0002]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Maschine mit einem um eine Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, der

- einen ungekühlten Rotorkörper umfasst, der an einer Außenseite Ausnehmungen oder Abplattungen aufweist, in deren Querschnittsflächenbereich wenigstens eine in einem Kryostaten mit einer Kryostatenwand untergebrachte, auf Tieftemperatur zu kühlende Rotorwicklung angeordnet ist und
- mit einer Halte- und/oder Abstützeinrichtung zur Übertragung von an der Rotorwicklung angreifenden Kräften über die Kryostatenwand auf den Rotorkörper versehen ist, wobei
- die Halte- und/oder Abstützeinrichtung wenigstens ein Abstützelement enthält über das eine Wärmeübertragung vom Rotorkörper auf die Rotorwicklung erfolgt.

**[0003]** Eine entsprechende Maschine ist aus DE 10 2004 039 855 A1 bekannt.

**[0004]** Bei rotierenden Maschinen mit auf Tieftemperatur unter 80 K gekühlter, insbesondere supraleitender Rotorwicklung fällt das Drehmoment teilweise an den kalten Wicklungen des Rotors an. Das anliegende Drehmoment muss, um es nutzen zu können, auf eine warme Welle übertragen werden. Eine hierzu geeignete Vorrichtung muss einerseits das Drehmoment, dass bei großen Maschinen einige 100 kNm betragen kann übertragen können, andererseits muss die Haltevorrichtung der supraleitenden Rotorwicklungen thermisch gut isolierend sein. Nur bei hinreichend guter thermischer Isolierung ist es möglich die Rotorwicklungen mit begrenztem Kühlaufwand auf der für die Supraleitung notwendigen tiefen Temperatur zu halten.

**[0005]** Bei aus dem Stand der Technik bekannten Maschinen werden die supraleitenden Rotorwicklungen von einem Wicklungsträger, welcher sich wiederum auf einem zentralen Trägerkern befindet, gehalten. Eine solche Anordnung ist aus DE 199 43 783 A1 bekannt. Rotorwicklungen, Wicklungsträger und Trägerkern befinden sich bei einer solchen Maschine auf einer für die Supraleitung notwendigen tiefen Temperatur. Durch die große Masse der kalten Tragstruktur ergeben sich bei Maschinen dieses Bautyps sehr lange Abkühlzeiten, sowie die Notwendigkeit leistungsstarke Kühlsysteme einzusetzen. Eine weitere Maschine dieses Bautyps ist in WO 98/02053 offenbart.

**[0006]** Aufgrund der vorgenannten technischen Probleme ist es für große Maschinen vorteilhaft, zumindest einen Teil der Tragstruktur der Rotorwicklungen nicht auf die für die Supraleitung notwendigen tiefen Temperaturen abzukühlen, also eine zumindest teilweise warme Tragstruktur zu verwenden. Eine Maschine solcher Bauart ist z.B. in DE 10 2004 039 855 offenbart. Bei Maschinen dieses Bautyps befindet sich die supraleitende Rotorwicklung in einem Kryostaten, welcher sich an der Außenseite des ungekühlten Rotorkörpers in einer entsprechenden Ausnehmung oder auf einer entsprechenden Abplattung befindet. Bei solchen Maschinen mit sog. warmer Tragstruktur ist es notwendig, die supraleitenden auf tiefe Temperaturen gekühlten Rotorwicklungen mit einer geeigneten Halte- und/oder Abstützvorrichtung am warmen Rotorkörper zu befestigen. Eine solche Halte- und/oder Abstützvorrichtung ist aus DE 103 03 307 A1 bekannt.

**[0007]** Bei den aus dem Stand der Technik bekannten Maschinen finden Verluste durch Wärmeleitung von den sich auf tiefen Temperaturen befindenden supraleitenden Rotorwicklungen, über die verschiedenen Teile einer Halte- und/oder Abstützvorrichtung statt. Zur Aufrechterhaltung der für die Supraleitung notwendigen tiefen Temperaturen im Bereich der Rotorwicklungen, muss eine entsprechende Kühlleistung über das Kühlsystem in diese Bereiche der Maschine zugeführt werden.

**[0008]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es die Halte- und/oder Abstützvorrichtung der supraleitenden Rotorwicklungen einer Maschine der eingangs erwähnten Bauart dahingehend zu verbessern, dass die Verluste infolge von Wärmeleitung von den kalten supraleitenden Rotorwicklungen auf den ungekühlten Rotorkörper verringert werden können.

**[0009]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit denen in Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. Demgemäß soll die Maschine mit einem um eine Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor der einen ungekühlten Rotorkörper aufweist, welcher auf der Außenseite Ausnehmungen oder Abplattungen aufweist, in deren Querschnittsflächenbereich, die zu kühlenden Rotorwicklungen in einem Kryostaten untergebracht sind und deren Rotor ferner eine Halte- und/oder Abstützeinrichtung zur Übertragung von an der Rotorwicklung angreifenden Kräften über die Kryostatenwand auf den Rotorkörper versehen sein. Die Halte- und/oder Abstützeinrichtung soll weiter wenigstens ein Abstützelement enthalten über das eine Wärmeübertragung vom Rotorkörper auf die Rotorwicklung erfolgt. Erfindungsgemäß soll das wenigstens ein Abstützelement mit Mitteln zur Verminderung der Wärmeleitfähigkeit ausgestattet ist, die wenigstens einen Teil einer Querschnittsfläche senkrecht zur Wärmeübertragungsrichtung ausfüllen.

**[0010]** Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen werden Verluste infolge von Wärmeleitung von den kalten Rotorwicklungen auf den warmen Rotorkörper verringert.

**[0011]** Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen ergibt sich der Vorteil, dass das Kühlsystem der Maschine geringer dimensioniert werden kann. Die Minimierung von Kühlverlusten durch Wärmeleitung wirkt sich somit positiv auf den Wirkungsgrad der Maschine aus.

**[0012]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Maschine gehen aus den von Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen hervor. Dabei kann die Ausführungsform nach Anspruch 1 mit den Merkmalen einer der Unteransprüche oder vorzugsweise auch denen aus mehreren Unteransprüchen kombiniert werden. Demgemäß kann die Maschine nach der Erfindung vorteilhaft noch folgende Merkmale aufweisen:

- So kann das Abstützelement zwischen der Rotorwicklung und der Kryostatenwand oder zwischen der Kryostatenwand und dem Rotorkörper angebracht sein. Durch diese erfindungsgemäße Maßnahme kann wahlweise der Wärmeverlust zwischen Rotorwicklung und Kryostatenwand oder andererseits der Wärmeverlust zwischen Kryostatenwand und Rotorkörper verringert werden.
- Die Halte- und/oder Abstützeinrichtung der Maschine kann weiterhin mehrere Abstützelemente enthalten, von denen mindestens ein Abstützelement zwischen Rotorwicklung und Kryostatenwand und mindestens ein weiteres Abstützelement zwischen Kryostatenwand und Rotorkörper angebracht ist. Ein derartiger Aufbau gestattet es ein zweistufig aufgebautes Kühlsystem zu realisieren, bei dem sich vorzugsweise die Kryostatenwand auf einer Temperatur befindet die zwischen der Temperatur der kalten Rotorwicklungen und der Temperatur des Rotorkörpers liegt. Auf diese Weise lassen sich die Wärmeleitungsverluste weiter minimieren.
- Die Abstützelemente können als Mittel zur Verminderung der Wärmeleitfähigkeit eine im Wesentlichen senkrecht zur Wärmeübertragungsrichtung orientierte Schichtstruktur aufweisen. In Folge der durch die Schichtstruktur realisierten Wärmewiderstände kann die Wärmeleitfähigkeit des Abstützelements in Richtung der Wärmeübertragungsrichtung weiter verringert werden. Durch eine solche Schichtstruktur aus schlecht wärmeleitendem Material und darin eingebrachten Wärmewiderständen kann gegenüber einer Realisation des Abstützelementes als massives Element aus schlecht wärmeleitendem Material, die Wärmeleitfähigkeit weiter verringert werden.
- Die Schichtstruktur des Abstützelementes kann weiterhin derart aufgebaut sein, dass das Abstüt-

zelement aus Einzelteilen, welche unter Ausbildung von Wärmewiderständen zusammengefügt werden, realisiert ist. Auf diese Weise werden an den zwischen den einzelnen Teilen entstehenden Grenzflächen weitere Wärmewiderstände aufgebaut.

– Weiterhin können die Einzelteile des Abstützelementes vorzugsweise aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff bestehen. Vorteilhaft besitzt glasfaserverstärkter Kunststoff sowohl eine hohe Festigkeit, wie auch eine geringe Wärmeleitfähigkeit.

– Das Abstützelement kann als Bauteil aus glasfaserverstärktem Kunststoff realisiert sein und eine Schichtstruktur, welche durch die Lage der Glasfasern in dem Kunststoff entsteht, aufweisen. Vorteilhaft wird auf diese Weise die oben beschriebene Wirkungsweise von Wärmewiderständen durch die mikroskopische Struktur des glasfaserverstärkten Kunststoffs realisiert. Wärmewiderstände ergeben sich so an den einzelnen Glasfaserslagen.

– Das Abstützelement kann ferner aus einem porösen Material gefertigt sein, welches vorzugsweise ein Sintermaterial ist. Auf diese Weise werden Wärmewiderstände durch die im porösen Material vorhandenen Hohlräume realisiert, anstatt wie oben erwähnt durch eine Lagenstruktur des Bauteils.

– Das Abstützungselement ist weiterhin derart konstruiert, dass es im Wesentlichen geeignet ist Druckbelastungen zu widerstehen.

– Die Rotorwicklung der Maschine kann aus einem supraleitenden Material gefertigt sein. Die Verwendung von Supraleitern als Material für die Rotorwicklungen erlaubt im Vergleich zu normal leitenden Rotorwicklungen eine kompaktere Bauform der Maschine.

– Als supraleitendes Material kann HTC-Material zu Einsatz kommen. Unter HTC-Material ist ein supraleitendes Material mit einer hohen Sprungtemperatur zu verstehen (High  $T_c$ -Material). Die Sprungtemperatur liegt typischerweise oberhalb der Siedetemperatur von Stickstoff. Durch den Einsatz von Hochtemperatursupraleitern kann somit Stickstoff als Kühlmittel verwendet werden, dieser ist preiswert und gut verfügbar.

– Als supraleitendes Material kann weiterhin LTC-Material zum Einsatz kommen. Unter LTC-Material ist Material für Tieftemperatursupraleiter (Low  $T_c$ -Superconductors) zu verstehen. Diese Materialien sind technisch bereits länger erprobt als HTC-Material und daher gut handhabbar.

**[0013]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Maschine gehen aus den vorstehend nicht angesprochenen Unteransprüchen sowie den Zeichnungen hervor.

[0014] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen noch weiter erläutert, in denen bevorzugte Ausführungsformen der Maschine gemäß der Erfindung oder von Teilen von dieser in schematischer Darstellung angedeutet sind. Da zeigen

[0015] [Fig. 1](#) einen Querschnitt durch ein Rotorelement, gemäß dem Stand der Technik,

[0016] [Fig. 2](#) eine bevorzugte Ausführungsform einer Halte- und/oder Abstützvorrichtung, welche mindestens ein erfindungsgemäßes Abstützelement enthält,

[0017] [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Abstützelementes.

[0018] Die sich in den Figuren entsprechenden Teile sind jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0019] [Fig. 1](#) zeigt einen im Querschnitt angedeuteten Rotor **2** einer Maschine, wie sie aus DE 10 2004 039 855 A1 bekannt ist. Mit **10** bezeichnet ist ein ungekühlter, um eine Achse A drehbar gelagerter Rotorkörper, welcher vorzugsweise aus einem ferromagnetischen Material, wie insbesondere Eisen, herstellbar ist. Der Rotorkörper **10** verfügt an seiner Außenseite über sich gegenüberliegende Ausnehmungen oder Abplattungen **11a**, **11b**. Diese Ausnehmungen oder Abplattungen können im Querschnitt gesehen kreissegmentartig sein und erstrecken sich axial, d.h. parallel zur Achse A des Rotorkörpers. Eine Ausgestaltung der Ausnehmungen gemäß anderen hier nicht aufgeführten Formen ist ebenfalls möglich. Auf der der Rotationsachse zugewandten Seite der Ausnehmungen oder Abplattungen sind Bodenplatten **12a**, **12b** am Rotorkörper **10** angebracht, die sich, im Querschnitt gesehen, entlang von Kreissehnen oder Sekanten erstrecken. Mit **14a**, **14b** bezeichnete Wandteile vervollständigen, im Querschnitt betrachtet das Kreissegment. Sie bilden gemeinsam mit den Bodenplatten **12a**, **12b** einen Kryostaten **13a**, **13b**. Innerhalb der Kryostaten **13a**, **13b** befinden sich zumindest Teile einer Rotorwicklung **16a**, **16b** einer allgemein mit **16** bezeichneten Erregerwicklung. Die Rotorwicklungen **16a**, **16b** können von Rennbahntyp sein und insbesondere aus mehreren zusammengesetzten Teilen bestehen. Insbesondere können die Rotorwicklungen **16a**, **16b** der Erregerwicklung **16** aus supraleitendem Material hergestellt sein. Als supraleitendes Material kann insbesondere YBCO verwendet werden. Die Rotorwicklungen **16a**, **16b** können bei Verwendung von YBCO oder BPSCCO als supraleitendes Material mit flüssigem Stickstoff, Helium oder Neon als Kühlmittel auf die für die Supraleitung notwendige Temperatur gebracht werden. Ferner können die Rotorwicklungen **16a**, **16b** von schienen- oder rinnenartigen Halteelementen **17a**, **17b** einer allgemein mit **17** bezeichneten Halte- und/oder

Abstützeinrichtung in den Kryostaten **13a** bzw. **13b** angebracht sein. Die Halte- und/oder Abstützeinrichtung **17** kann im speziellen Abstützelemente **18a**, **18b** zur Aufnahme von Druck- und/oder Zugkräften enthalten.

[0020] [Fig. 2](#) zeigt einen allgemein mit **3** bezeichneten Teil einer Maschine, bei der eine Rotorwicklung **16a**, **16b** mit einem warmen Rotorkörper **10** über mehrere Abstützelemente **21** bis **23** verbunden ist. Die Rotorwicklung **16a**, **16b** kann im Speziellen vom Rennbahntyp sein und zumindest teilweise aus supraleitendem Material gefertigt sein. Die Rotorwicklung **16a**, **16b** befindet sich innerhalb eines Kryostaten gemäß [Fig. 1](#) dessen Kryostatenwand **20** sich typischerweise zwischen dem warmen Rotorkern **10** und der Rotorwicklung **16a**, **16b** befindet. Ein erfindungsgemäßes Abstützelement **21**, **22** kann sich nun wahlweise zwischen dem warmen Rotorkern **10** und der Kryostatenwand **20**, oder zwischen der Kryostatenwand **20** und der kalten Rotorwicklung **16** befinden.

[0021] Erfindungsgemäß sind die Abstützelemente **21** bis **23** mit Maßnahmen zur Verringerung eines Wärmeflusses W von dem warmen Rotorkern **10** auf die kalte Rotorwicklung **16a**, **16b** ausgestattet. Diese Maßnahmen werden im Zusammenhang mit den [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) näher betrachtet. Des Weiteren kann ein Abstützelement derart ausgestaltet sein, dass es über die Kryostatenwand **20** hinweg die kalte Rotorwicklung **16a**, **16b** mit dem warmen Rotorkern **10** verbindet. Eine solche Ausführungsform ist mit **23** bezeichnet in [Fig. 2](#) dargestellt. In diesem Fall kann das Abstützelement **23** zweiteilig ausgeführt sein. Ein erstes Teil verbindet die Rotorwicklung **16** und die Kryostatenwand **20** und ein zweites Teil verbindet die Kryostatenwand **20** und den Rotorkern **10** miteinander. Alternativ kann das Abstützelement **23** einteilig ausgeführt sein, dieses Bauteil verbindet direkt die kalte Rotorwicklung **16** mit dem warmen Rotorkern **10**. Die Einsatzmöglichkeiten der erfindungsgemäßen Abstützelemente **21** bis **23** beschränken sich nicht auf die in [Fig. 2](#) angegebene Ausführungsform 2. Es sind verschiedenste Geometrien zwischen Rotorwicklung **16**, Kryostatenwand **20** und Rotorkern **10** möglich. Ebenfalls können eine verschieden große Zahl von Abstützelementen **21** bis **23** verwendet werden. Insbesondere ist es auch möglich, dass die Kryostatenwand direkt am Kern **10** anliegt, oder sogar von ihm gebildet wird.

[0022] [Fig. 3](#) zeigt einen allgemein mit **4** bezeichneten schematisch dargestellten Aufbau eines erfindungsgemäßen Abstützelementes. Das Abstützelement **4** weist hierbei eine im Wesentlichen senkrecht zur Richtung eines Wärmeflusses W orientierte Schichtstruktur auf. Das Abstützelement **4** ist aus einem schlecht wärmeleitenden Material, wie z.B. einem glasfaserverstärkten Kunststoff, gefertigt. Der

glasfaserverstärkte Kunststoff besteht aus einer Matrix **31** und in diese Matrix **31** eingebetteten Lagen **32**. Die Matrix **31** kann durch ein Kunstoder Gießharz dargestellt sein und die eingebetteten Lagen **32** können aus Glasfasern bestehen. Erfindungsgemäß bilden die eingebetteten Glasfasern Wärmewiderstände für den Wärmefluss  $W$  aus. Das erfindungsgemäße Abstützelement **4** ist dabei nicht auf die Verwendung der vorgenannten Materialien beschränkt, es können verschiedenste, eine Matrix **31** bildende Materialien wie z.B. Polymere, Metalle, Metalllegierungen, etc. verwendet werden. Auch die in die Matrix **31** eingebetteten Lagen können durch verschiedenste Materialien dargestellt sein. Verwendbar sind verschiedenste Fasermaterialien, aber auch Schichten aus einem Material mit von der Matrix verschiedenen wärmeleitenden Eigenschaften sind denkbar. Alternativ zu der oben beschriebenen Matrix/Lagen-Konstruktion kann das Abstützelement **4** auch aus mehreren Einzelteilen **31** aufgebaut sein, welche unter der Ausbildung von Wärmewiderständen **32** zu einem gemeinsamen Bauteil zusammengefügt sind.

**[0023]** **Fig. 4** zeigt eine allgemein mit **5** bezeichnete weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Abstützelementes. Gemäß dieser Ausführungsform sind die zuvor genannten Konzepte zur Ausbildung von Wärmewiderständen miteinander kombiniert worden. Das Abstützelement **5** besteht aus mehreren einzelnen Elementen **41**, welche unter der Ausbildung von makroskopischen Wärmewiderständen **42** zu einem gemeinsamen Bauteil **5** zusammengefügt sind. Die einzelnen Elemente **41** können selbst wiederum eine Lagenstruktur aus Matrix **44** und eingebetteten mikroskopischen Wärmewiderständen **43** aufweisen. Der gesamte Wärmewiderstand der Abstützelementes **5** ergibt sich als Summe der Einzelwärmewiderstände. Mikroskopische Wärmewiderstände **43**, werden z.B. durch eingebettete Glasfasermatten gebildet. Diese befinden sich in einer schlecht wärmeleitenden Matrix **44** aus z.B. Kunstoder Gießharz. Die einzelnen Elemente **41** werden wiederum unter Ausbildung von makroskopischen Wärmewiderständen **42** zu einem Abstützelement **5** zusammengefügt. Auf diese Weise kann die Wirkung von mikroskopischen und makroskopischen Wärmewiderständen miteinander kombiniert werden.

**[0024]** **Fig. 5** zeigt eine weitere, allgemein mit **6** bezeichnete, bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Abstützvorrichtung. Das Abstützelement **6** wird aus einem porösen Material gefertigt; im Speziellen sind hierfür Schüttmaterialien wie z.B. Perlit oder auch gesinterte Materialien geeignet. Die sich in der Matrix **51** befindenden Poren **52** bilden in dieser Ausführungsform die Wärmewiderstände für den Wärmefluss  $W$  aus.

**[0025]** Das Abstützelement kann weiterhin in der Vorzugsrichtung des Wärmeflusses  $W$  eine räumlich

größere Ausdehnung aufweisen, als in einer Richtung senkrecht zur Vorzugsrichtung des Wärmeflusses  $W$ . Des Weiteren kann das Abstützelement durch die Wahl seiner Struktur und/oder der verwendeten Materialien derart ausgestaltet sein, dass es vorzugsweise Druckkräfte aufzunehmen vermag.

**[0026]** Das erfindungsgemäße Abstützelement kann insbesondere in Maschinen mit gekühlter supraleitender Rotorwicklung als Teil einer Halte- und/oder Abstützvorrichtung für die kalten supraleitenden Rotorwicklungen dienen. Diese Maschinen können als Motoren oder Generatoren eingesetzt werden. Die Einsatzmöglichkeiten einer solchen mit supraleitenden Rotorwicklungen ausgestatteten Maschine erstreckt sich mindestens auf die bekannten Einsatzgebiete vergleichbarer Maschinen mit normaleitenden Rotorwicklungen.

### Patentansprüche

1. Maschine mit einem um eine Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, der

- einen ungekühlten Rotorkörper umfasst, der an seiner Außenseite Ausnehmungen oder Abplattungen aufweist, in deren Querschnittsbereich wenigstens eine in einem Kryostaten mit einer Kryostatenwand untergebrachte, auf Tieftemperatur zu kühlende Rotorwicklung angeordnet ist, und

- mit einer Halte- und/oder Abstützeinrichtung zur Übertragung von an der Rotorwicklung angreifenden Kräften über die Kryostatenwand auf den Rotorkörper versehen ist, wobei die Halte- und/oder Abstützeinrichtung wenigstens ein Abstützelement enthält über das eine Wärmeübertragung vom Rotorkörper auf die Rotorwicklung erfolgt,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

das wenigstens eine Abstützelement mit Mitteln zur Verminderung der Wärmeleitfähigkeit ausgestattet ist, die wenigstens einen Teil einer Querschnittsfläche senkrecht zur Wärmeübertragungsrichtung ausfüllen.

2. Maschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Abstützelement zwischen Rotorwicklung und Kryostatenwand oder Kryostatenwand und Rotorkörper angebracht ist.

3. Maschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Halte- und/oder Abstützeinrichtung mehrere Abstützelemente enthält, wobei wenigstens ein Abstützelement zwischen Rotorwicklung und Kryostatenwand und wenigstens ein Abstützelement zwischen Kryostatenwand und Rotorkörper angebracht ist.

4. Maschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Abstützelement als Mittel zur Verminderung der Wärmeleitfähigkeit

keit eine im Wesentlichen senkrecht zur Wärmeübertragungsrichtung orientierte Schicht- oder Lagenstruktur aufweist.

5. Maschine gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtstruktur des Abstützelements aus Einzelteilen gebildet ist, welche unter Ausbildung von Wärmewiderständen an ihren gegenseitigen Berührungsflächen zusammengefügt sind.

6. Maschine gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelteile des Abstützelements aus glasfaserverstärktem Kunststoff bestehen.

7. Die Maschine gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Abstützelement ein Bauteil aus glasfaserverstärktem Kunststoff ist und die Schichtstruktur des Abstützelements durch eine entsprechende Anordnung von Glasfasern in dem glasfaserverstärkten Kunststoff entsteht.

8. Maschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Abstützelement aus einem porösen Material gefertigt ist.

9. Maschine gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das poröse Material ein Schütt- oder Sintermaterial ist.

10. Maschine gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Abstützelement im Wesentlichen Druckbelastungen ausgesetzt ist.

11. Maschine gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Rotorwicklung aus einem supraleitendem Material besteht.

12. Maschine gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das supraleitende Material ein LTC-Material ist.

13. Maschine gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das supraleitende Material ein HTC-Material ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

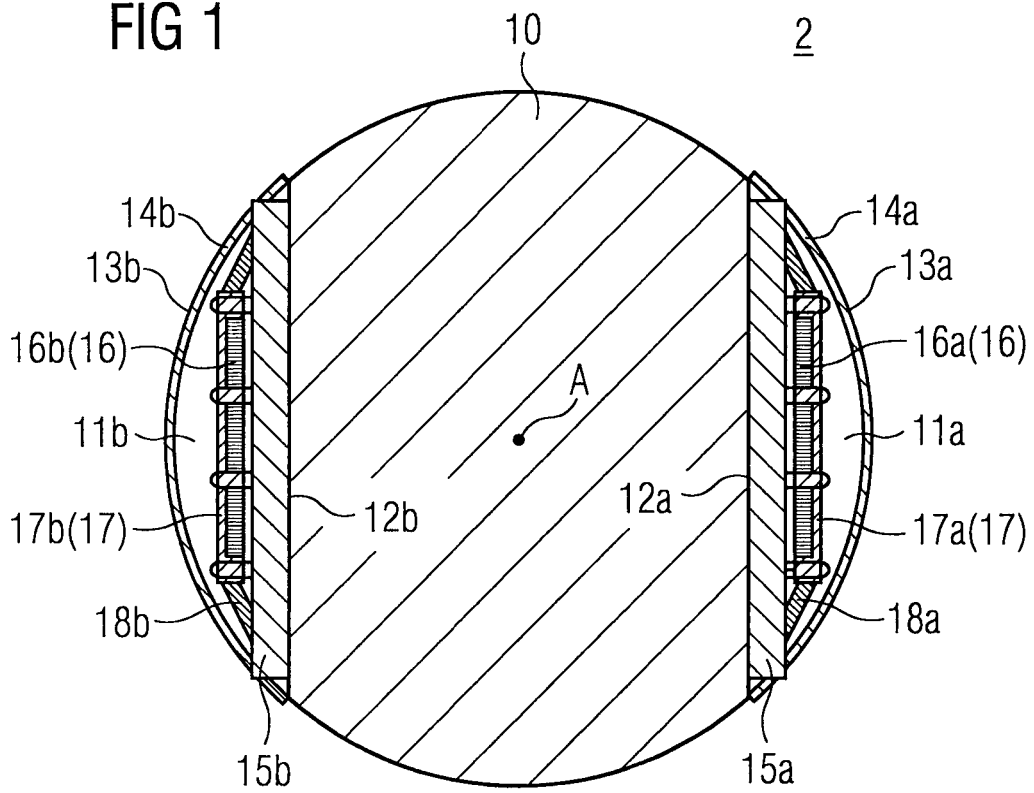


FIG 2

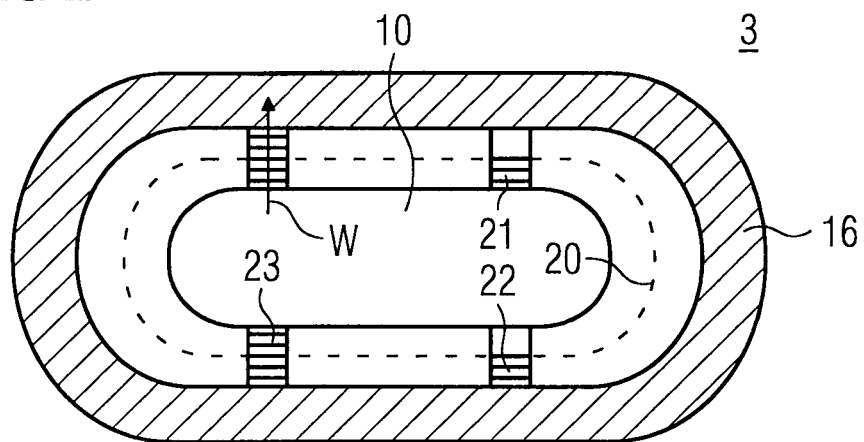


FIG 3

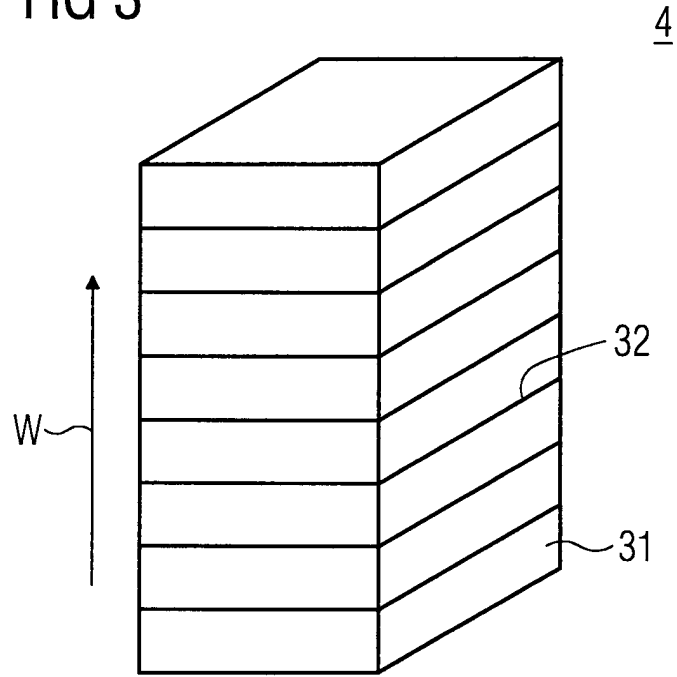


FIG 4

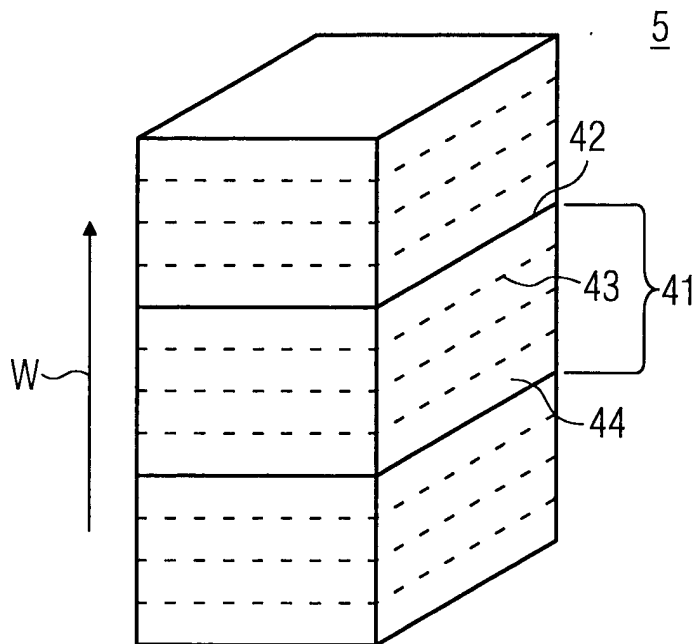




FIG 5

