



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤ Int. Cl.³: H 02 K 9/19
H 02 K 9/20
H 02 K 1/32



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

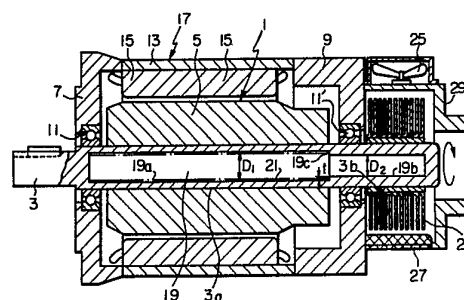
⑪

632 614

⑳ Gesuchsnummer:	11779/78	㉗ Inhaber:	Fujitsu Fanuc Limited, Hino-shi/Tokyo (JP)
㉔ Anmeldungsdatum:	16.11.1978		
㉓ Priorität(en):	17.11.1977 JP 52-137266	㉘ Erfinder:	Keiichi Harano, Sagamihara-shi/Kanagawa-ken (JP) Shigeaki Oyama, Hachioji-shi/Tokyo (JP)
㉔ Patent erteilt:	15.10.1982		
㉕ Patentschrift veröffentlicht:	15.10.1982	㉙ Vertreter:	Patentanwälte W.F. Schaad, V. Balass, E.E. Sandmeier, Zürich

⑤④ Drehende elektrische Maschine mit Wärmerohr-Kühlung.

⑤⑦ Das Wärmerohr ist durch eine Bohrung (19) in der Maschinenwelle (3) gebildet, welche Bohrung (19) sich von einem beheizten (3 a) zu einem gekühlten Bereich (3 b) erstreckt und eine Arbeitsflüssigkeit (21) enthält. Um zu gewährleisten, dass die im gekühlten Bereich (3 b) kondensierende Arbeitsflüssigkeit stets abfließt, so dass der vom beheizten Bereich her anfallende Flüssigkeitsdampf stets in unmittelbarer Berührung mit der Innenwand (19 b) der Bohrung (19) im gekühlten Bereich (3 b) steht, besitzt die Bohrung (19) in diesem Bereich einen kleineren Durchmesser (D_2) als im beheizten Bereich, wobei zwischen beiden Bereichen wenigstens eine Stufe (19 c) vorhanden ist.



PATENTANSPRÜCHE

1. Drehende elektrische Maschine mit Wärmerohr-Kühlung, wobei das Wärmerohr durch eine Bohrung in der Maschinenwelle gebildet ist, welche Bohrung sich von einem beheizten zu einem gekühlten Bereich erstreckt und eine Arbeitsflüssigkeit enthält, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der Bohrung im gekühlten Bereich kleiner als jener im beheizten Bereich ist, wobei die Innenwand der Bohrung im gekühlten Bereich über wenigstens eine Stufe in die Innenwand der Bohrung im beheizten Bereich übergeht.

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwände der Bohrung sowohl im beheizten als auch im gekühlten Bereich zylindrisch sind.

3. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwand der Bohrung im beheizten Bereich zylindrisch ist, und dass die Innenwand der Bohrung im gekühlten Bereich die Form eines zum beheizten Bereich hin sich öffnenden Hohlkegels aufweist.

4. Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe t der Stufe mindestens $\frac{1}{4}$ des Produktes $\alpha \cdot D_1$ beträgt, wobei α das Volumenverhältnis zwischen Arbeitsflüssigkeit und Rauminhalt des beheizten Bereiches der Bohrung und D_1 der Innendurchmesser der Bohrung im beheizten Bereich bedeutet.

5. Maschine nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3 in der Form eines Gleichstrommotors, dadurch gekennzeichnet, dass der Anker auf dem beheizten Bereich der Maschinenwelle montiert ist, während der gekühlte Bereich der Maschinenwelle mit Kühlrippen versehen ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine drehende elektrische Maschine mit Wärmerohr-Kühlung, wobei das Wärmerohr durch eine Bohrung in der Maschinenwelle gebildet ist, welche Bohrung sich von einem beheizten zu einem gekühlten Bereich erstreckt und eine Arbeitsflüssigkeit enthält.

Elektrische Maschinen dieser Art sind bekannt, doch war es bisher nicht möglich, mit dem Wärmerohr allein eine ausreichende Kühlung zu erzielen.

Es ist daher ein Zweck der Erfindung eine elektrische Maschine mit Wärmerohr-Kühlung zu schaffen, bei dem die Kühlwirkung des Wärmerohres erheblich gesteigert ist, ohne dass die Herstellung verteuert oder komplizierter würde. Dieser Zweck ist bei der vorgeschlagenen Maschine dadurch erreicht, dass der Durchmesser der Bohrung im gekühlten Bereich kleiner als jener im beheizten Bereich ist, wobei die Innenwand der Bohrung im gekühlten Bereich über wenigstens eine Stufe in die Innenwand der Bohrung im beheizten Bereich übergeht.

Die Erfindung ist nachstehend rein beispielsweise anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen Schnitt durch einen Gleichstrommotor,

Fig. 2 und 3 Schnitte durch Maschinenwellen mit Wärmerohren in bekannter Ausführung und

Fig. 4 einen Schnitt durch eine Ausführungsvariante der Maschinenwelle gemäss Fig. 1.

Der in Fig. 1 dargestellte und eine Ausführungsform der Erfindung darstellende Gleichstrommotor besitzt einen Rotor 1 und eine Stator 17. Der Rotor 1 umfasst eine Maschinenwelle 3 und einen Anker 5, der auf der Maschinenwelle 3 sitzt, die ihrerseits in Lagern 11 und 11' in Lagerflaschen 7 bzw. 9 drehbar gelagert ist. Zwischen den Lagerflaschen 7 und 9 ist ein Joch 13 angeordnet, an dem Pole 15 montiert sind, die ihrerseits mit dem Joch 13 den Stator 17 bilden. Zur Speisung des Ankers 5 mit elektrischem Strom ist ein Kommutator und sind Bürsten

(beide nicht dargestellt) vorgesehen.

Wenn der in Fig. 1 dargestellte Motor eingeschaltet ist, entsteht im Motor Wärme, so auch im Anker 5. Um diese Wärme abzuführen, ist in der Maschinenwelle eine Bohrung 19 ausgebildet, die sich von dem den Anker 5 tragenden Bereich der Maschinenwelle 3 (nachstehend beheizter Bereich 3a genannt) bis zu einem rückwärtigen Bereich (nachstehend gekühlter Bereich 3b genannt) erstreckt, welcher rückwärtige Bereich dazu dient, die im Motor erzeugte Wärme abzuführen. Das Innere des Rohres 19 steht unter Unterdruck und enthält eine Arbeitsflüssigkeit, so dass die Bohrung 19 ein Wärmerohr bildet. Der gekühlte Bereich 3b des Wärmerohres hat eine zylindrische Innenwand 19b, deren Durchmesser D_2 ist, und der beheizte Bereich 3a besitzt ebenfalls eine zylindrische Innenwand 19a, deren Durchmesser D_1 grösser als D_2 ist, so dass die Innenwand des gekühlten Bereiches 3b in die Innenwand 19a des beheizten Bereiches 3a über eine Stufe 19c übergeht, deren Höhe t beträgt. Eine Mehrzahl von Kühlrippen 23 aus einem Material mit guter Wärmeleitfähigkeit, beispielsweise aus Aluminium, sind über eine zylindrische Hülse aus Aluminium auf dem gekühlten Bereich 3b der Maschinenwelle montiert. Ein Gehäuse 29 mit einem Kühlgebläse 25 und einem vergitterten Lufteinlass 27 umgibt die Kühlrippen 23 und ist derart am Lagerflansch 9 befestigt, dass das Gebläse 25 und der vergitterte Lufteinlass 27 den Kühlrippen 23 gegenüberliegen. Daraus folgt, dass die vom Anker 5 an den beheizten Bereich 3a des Wärmerohres übertragene Wärme die Arbeitsflüssigkeit 21 erhitzt und verdampft, wobei der Dampf dann den gekühlten Bereich erreicht, dort unter Abgabe der Kondensationswärme kondensiert, welche dann über die Kühlrippen 23 abgeführt wird.

Die Vorteile der Erfindung sollen nun anhand der Fig. 1 in Gegenüberstellung mit den Fig. 2 und 3, die bekannte, als Wärmerohre ausgebildete Maschinenwellen darstellen, näher erläutert werden. In der in Fig. 2 dargestellten Maschinenwelle 3' ist eine Bohrung 19' ausgebildet, die das Wärmerohr bildet. Diese Bohrung 19' besitzt eine Innenwand 19'a in einem beheizten Bereich 3'a, wobei der Innendurchmesser der Innenwand 19'a derselbe ist wie derjenige der Innenwand 19'b des gekühlten Bereiches 3'b. In der Bohrung 19' ist eine geringe Menge einer Arbeitsflüssigkeit vorhanden. Wenn die Maschinenwelle 3' dreht, bildet die Arbeitsflüssigkeit 21 einen dünnen Flüssigkeitsfilm längs der gesamten Innenwand, d. h. längs der Innenwand 19'a des beheizten Bereiches 3'a und der Innenwand 19'b des gekühlten Bereiches 3'b als Folge der auf die Arbeitsflüssigkeit einwirkenden Zentrifugalkraft. Die an der Wand 19'a anliegende Flüssigkeit kann Wärme aufnehmen und dementsprechend verdampfen. Da jedoch der Flüssigkeitsfilm eine schlechte Wärmeleitfähigkeit aufweist, kann die im gekühlten Bereich 3'b abgegebene Kondensationswärme nur in ungenügender Masse an die Innenwand 19'b in diesem Bereich abgegeben werden. Dementsprechend ist der Wirkungsgrad der Wärmeübertragung bei dem gemäss Fig. 2 ausgebildeten Wärmerohr schlecht.

Um diesen Wirkungsgrad zu verbessern, ist auch schon vorgeschlagen worden, das Wärmerohr gemäss Fig. 3 auszubilden. Bei dieser Maschinenwelle 3'' ist die Innenwand 19''b des gekühlten Bereiches 3''b in der Form eines Hohlkegels ausgebildet, der sich zur zylindrischen Innenwand 19''a des beheizten Bereiches 3''a hin öffnet, wobei der grösste Durchmesser der Innenwand 19''b demjenigen der Innenwand 19''a entspricht. Bei dieser, in Fig. 3 dargestellten Bauweise kann erwartet werden, dass bei drehender Welle 3'' die Arbeitsflüssigkeit 21 nur einen Teil der hohlkegelförmigen Wand 19''b bedeckt, und dass die an der Wand 19''b kondensierte Arbeitsflüssigkeit infolge der Zentrifugalkraft stets in Richtung auf die Wand 19''a abfließt, so dass der Wirkungsgrad der Wärmeübertragung tatsächlich verbessert wird. Wenn jedoch bei der Bau-

weise gemäss Fig. 3 nur ein kleiner Öffnungswinkel für die Wand 19''b vorgesehen wird, kann der Vorteil der verbesserten Wärmeübertragung nur dann erreicht werden, wenn die Maschinenwelle 3'' sehr schnell gedreht wird. Wenn dagegen der Öffnungswinkel der Wand 19''b vergrössert wird, wie in Fig. 3 mit gestrichelter Linie angedeutet, dann wird die Länge der Wand 19''b kleiner, womit auch die für die Kondensation zur Verfügung stehende Fläche geringer wird. Im Ergebnis ergibt sich ein Wirkungsgrad der beinahe so niedrig ist wie bei der Ausführungsform gemäss Fig. 2.

Dagegen besitzt das in der Maschinenwelle 3 der Fig. 1 ausgebildete Wärmerohr im gekühlten Bereich einen Innendurchmesser D_2 , der kleiner ist als der Innendurchmesser D_1 im beheizten Bereich, wobei die Innenwand 19b des gekühlten Bereiches über eine Stufe 19c in die Innenwand 19a des beheizten Bereiches übergeht. Die Menge der eingefüllten Arbeitsflüssigkeit ist so gewählt, dass diese nur die Innenwand 19a des beheizten Bereiches benetzt, jedoch nicht die Innenwand 19b des gekühlten Bereiches sobald die Welle 3 eine bestimmte Drehzahl erreicht hat. Daraus folgt, dass die Arbeitsflüssigkeit wegen des Vorhandenseins der Stufe 19c nicht vom beheizten in den gekühlten Bereich fließen kann. Dementsprechend kann sich an der Innenwand 19b des gekühlten Bereiches kein Flüssigkeitsfilm bilden, der den Wärmeübergang erschweren würde, so dass die beschriebene Maschine beim Drehen wirkungsvoller gekühlt werden kann. Da nur die Innenwand 19a des beheizten Bereiches 3a mit Arbeitsflüssigkeit zu benetzen ist, ist deren benötigte Menge gering. Die Höhe t der Stufe 19c entspricht natürlich der Hälfte der Differenz zwischen den Durchmessern D_1 und D_2 . Wenn die Höhe t der Stufe die Bedingungen der nachfolgenden Gleichungen erfüllt, dann wird die Arbeitsflüssigkeit nicht in den gekühlten Bereich fließen, sobald das Wärmerohr eine bestimmte Drehzahl erreicht oder überschritten hat, bei welcher sich der Flüssigkeitsfilm an der Innenwand 19a ausbildet.

$$\alpha \cdot \pi/4 D_2^2 l \leq \pi D_1 l t$$

$$t \geq \alpha/4 D_1$$

wobei l die Länge des beheizten Bereiches bedeutet und α das Volumenverhältnis zwischen der Menge der Arbeitsflüssigkeit und dem Rauminhalt des beheizten Bereiches.

In der Praxis genügt eine Stufe von 1–2 mm Höhe für ein Wärmerohr mit einem Durchmesser von 50 mm. Da die Verminderung der Innenwandfläche im gekühlten Bereich und die damit einhergehende Verringerung der Wärmeleitfähigkeit infolge der Stufe 19c sehr gering sind, entstehen keine Probleme.

Wenn die Innenwände des beheizten und des gekühlten

Bereiches wie in Fig. 1 dargestellt zylindrisch ausgebildet sind, ist deren Herstellung natürlich einfacher als die Herstellung der hohlkegelförmigen Innenwand der Fig. 3. Wenn das Wärmerohr aus handelsüblichen Rohren hergestellt wird, dann kann das in Fig. 1 dargestellte Wärmerohr aus dünnwandigeren Rohren gemacht werden als jenes der Fig. 3, welches im gekühlten Bereich eine hohlkegelförmige Innenwand hat. Dies deshalb, weil der kleinste Durchmesser im Wärmerohr gemäss Fig. 3 normalerweise kleiner ist als der kleinste Durchmesser im Wärmerohr gemäss Fig. 1, so dass ein dickwandigeres Rohr erforderlich ist, um zu der Ausbildung gemäss Fig. 3 zu gelangen.

Zwischen dem beheizten und dem gekühlten Bereich können natürlich auch zwei oder mehr Stufen vorgesehen sein.

Eine weitere Ausführungsform soll nun anhand der Fig. 4 beschrieben werden. Da alle Teile mit Ausnahme der Maschinenwelle im wesentlichen gleich wie in Fig. 1 sind, wird nur die Maschinenwelle beschrieben, während die übrigen Bestandteile der Maschine in Fig. 4 nicht dargestellt sind.

Die Maschinenwelle 3''' weist einen beheizten Bereich 3'''a und einen gekühlten Bereich 3'''b auf sowie eine Bohrung 19'''. Die Bohrung 19''' besitzt eine zylindrische Innenwand 19'''a mit konstantem Durchmesser längs des beheizten Bereiches 3'''a und eine hohlkegelförmige Innenwand 19'''b die sich zur Innenwand 19'''a öffnet und einen kleineren Durchmesser als die Innenwand 19'''a hat. Die Innenwand 19'''b erstreckt sich längs des gekühlten Bereiches 3'''b und zwischen dieser Innenwand und der Innenwand 19'''a ist eine Stufe 19'''c ausgebildet.

Infolge der Stufe 19'''c benetzt die flüssige Phase der in der Bohrung 19''' vorhandenen Arbeitsflüssigkeit nicht die Innenwand 19'''b des gekühlten Bereiches sobald die Maschinenwelle dreht und der Wärmewiderstand wird durch den sich an der Innenwand 19'''b bildende, jedoch stets abfliessende Kondensatfilm praktisch nicht vergrössert. Daraus ergibt sich eine bessere Kühlwirkung. Da die Innenwand 19'''b hohlkegelförmig ist, fliesst – wie erwähnt – das an dieser Innenwand sich bildende Kondensat nach Abgabe der Kondensierungswärme infolge der Zentrifugalkraft stets so ab, so dass die Wärmeübertragung verbessert wird. Die Wärmeübertragung wird umso besser, je schneller die Maschinenwelle dreht. Der Öffnungswinkel der Innenwand 19'''b im gekühlten Bereich kann kleiner sein als der Öffnungswinkel der Innenwand 19''b der Fig. 3, weil entlang der Innenwand 19'''b nur das Kondensat fliesst.

Wie bereits erwähnt, ist die Kühlwirkung bei der beschriebenen Maschine erheblich besser im Vergleich zu den bekannten Maschinen. Es wurde beispielsweise ein Gleichstrommotor gemäss Fig. 1 mit einem Gleichstrommotor verglichen, der mit einer Maschinenwelle gemäss Fig. 2 ausgerüstet war. Die Kühlwirkung beim Gleichstrommotor gemäss Fig. 1 übertraf jene des Motors mit der Welle gemäss Fig. 2 um 40%.

