



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 202 004.5**  
(22) Anmeldetag: **05.02.2015**  
(43) Offenlegungstag: **11.08.2016**

(51) Int Cl.: **H02K 15/02 (2006.01)**  
**H02K 17/16 (2006.01)**

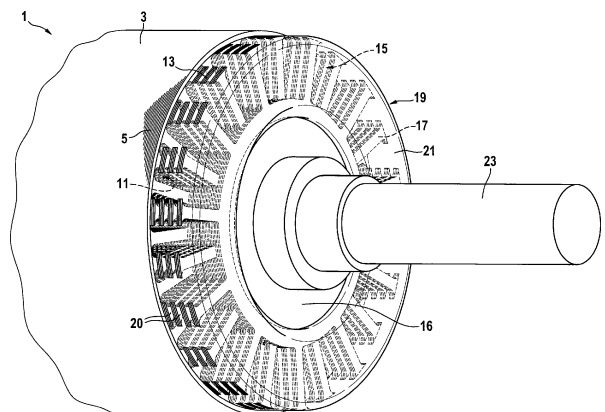
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Heidrich, Markus, 71229 Leonberg, DE**

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

(54) Bezeichnung: **Käfigläuferrotor mit stabilem Kurzschlussring für eine elektrische Asynchronmaschine sowie Verfahren zum Fertigen desselben**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Fertigen eines Käfigläuferrotors (1) für eine elektrische Asynchronmaschine sowie ein entsprechend herstellbarer Käfigläuferrotor (1) beschrieben. Verfahrensgemäß wird ein Rotorkörper (3) beispielsweise als Blechpaket bereitgestellt. In dem Rotorkörper (3) verlaufen mehrere in Umfangsrichtung voneinander beabstandete Nuten. Ein Rotorkäfig (19) mit durch die Nuten verlaufenden Käfigstäben und an Stirnflächen des Rotorkörpers (3) angrenzenden und die Käfigstäbe verbindenden Kurzschlussringen (21) wird anschließend gegossen. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass vor dem Gießen des Rotorkäfigs (19) jeweils ein Paket aus mehreren in Axialrichtung gestapelten Blechen (13) an jeder der Stirnflächen des Rotorkörpers (3) angeordnet wird, wobei in den Blechen (13) jeweils in einem Bereich angrenzend an die Nuten des Rotorkörpers (3) Ausnehmungen (15) vorgesehen sind. Die Ausnehmungen (15) von in Axialrichtung benachbarten Blechen (13) überlappen sich dabei zumindest teilweise in Umfangsrichtung, so dass sich beim nachfolgenden Gießen des Rotorkäfigs ein durch die ausgegossenen Ausnehmungen verlaufender durchgängiger Kurzschlussring (21) ergibt. Der hierdurch hergestellte Kurzschlussring (21) des Käfigläuferrotors (1) weist dadurch in ein gegossenes elektrisch gut leitfähiges Material integrierte Stege (17) höherer mechanischer Festigkeit auf. Aufgrund der durch diese Stege (17) erreichten mechanischen Stabilisierung kann der Käfigläuferrotor (1) hohen Fliehkräften widerstehen und somit bei hohen Drehzahlen betrieben werden.



**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Käfigläuferrotor für eine elektrische Asynchronmaschine sowie ein Verfahren zum Fertigen eines solchen Käfigläuferrotors.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Elektrische Asynchronmaschinen können unter anderem als Antriebsmotoren und/oder Generatoren in Elektro- oder Hybridfahrzeugen eingesetzt werden. Eine elektrische Asynchronmaschine weist einen Stator und einen relativ zu dem Stator drehbaren Rotor auf. Der Rotor ist hierbei als sogenannter Kurzschlussläufer ausgebildet und weist einen Käfig aus einem elektrisch gut leitfähigen Material wie zum Beispiel Aluminium oder Kupfer oder Legierungen derselben auf. In dem Kurzschlusskäfig können durch Magnetfelder, die von in dem Stator angeordneten Spulen erzeugt werden, elektrische Ströme induziert werden, die ihrerseits wiederum Magnetfelder generieren, so dass es durch eine Wechselwirkung der von dem Stator und von dem Käfig des Rotors erzeugten Magnetfelder zu einem Drehmoment auf den Rotor kommen kann.

**[0003]** Der Käfig des Rotors ist typischerweise an einem beispielsweise durch ein Rotorblechpaket gebildeten Rotorkörper vorgesehen und weist in Längsrichtung verlaufende Kurzschlussstäbe sowie Kurzschlussringe, welche Enden dieser Kurzschlussstäbe miteinander verbinden, auf. Herkömmlich wird der Kurzschlusskäfig entweder durch Gießen hergestellt, wobei flüssiges Metall in eine den Rotorkörper umgebende Form eingefüllt wird und dabei in in dem Rotorkörper vorgesehene Nuten strömt, um dort die Kurzschlussstäbe zu bilden, und gleichzeitig in an Stirnflächen des Rotorkörpers vorgesehene Hohlräume fließt, um dort die Kurzschlussringe zu bilden. Alternativ kann der Rotorkäfig aus mehreren Stäben und separaten Kurzschlussringen zusammengesetzt werden, wobei die genannten Komponenten nachträglich elektrisch miteinander verbunden werden, beispielsweise durch Löten, Schweißen oder Ähnliches.

**[0004]** Es wird angestrebt, elektrische Asynchronmaschinen bei höheren Drehzahlen zu betreiben, um auf diese Weise deren Leistungsdichte steigern zu können und/oder Material und Gewicht und somit Kosten einsparen zu können. Begrenzt wird dieses Bestreben jedoch meist durch eine Belastbarkeit der Kurzschlussringe, welche bei hohen Drehzahlen starken Fliehkräften ausgesetzt sind, wodurch der Rotor beschädigt oder schlimmstenfalls zerstört werden kann. Um die Kurzschlussringe zu stabilisieren, ist bekannt, diese zum Beispiel mit Bandagen

aus Edelstahl, Titan oder Ähnlichem zu umgeben, um die Belastung auf die Kurzschlussringe zu reduzieren. Die Bandagen können beispielsweise auf die Kurzschlussringe aufgeschraubt werden. Alternativ sind Maßnahmen bekannt, durch Ein- oder Umgießen von Zusatzteilen eine Festigkeit der Kurzschlussringe zu erhöhen. Zum Durchführen solcher Maßnahmen sind aber stets zusätzliche Teile und/oder aufwendige Montageprozesse oder Werkzeuge erforderlich.

## Offenbarung der Erfindung

**[0005]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können unter anderem in vorteilhafter Weise ermöglichen, einen Käfigläuferrotor für eine elektrische Asynchronmaschine mit hoher mechanischer Stabilität, insbesondere gegenüber Fliehkräften, bereitzustellen und diesen einfach und/oder kostengünstig fertigen zu können.

**[0006]** Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Fertigen eines Käfigläuferrotors für eine elektrische Asynchronmaschine vorgeschlagen. Das Verfahren umfasst dabei ein Bereitstellen eines Rotorkörpers mit zwei an entgegengesetzten Enden des Rotorkörpers befindlichen Stirnflächen sowie mit mehreren in Längsrichtung des Rotorkörpers verlaufenden und in Umfangsrichtung des Rotorkörpers voneinander beabstandeten Nuten sowie ein Gießen eines Rotorkörpers mit durch die Nuten verlaufenden Kurzschlussstäben und an die Stirnflächen angrenzenden und die Kurzschlussstäbe verbindenden Kurzschlussringen. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass vor dem Gießen des Rotorkörpers jeweils ein Paket aus mehreren in Axialrichtung gestapelten Blechen an jeder der Stirnflächen des Rotorkörpers angeordnet wird. In den Blechen sind dabei jeweils in einem Bereich angrenzend an die Nuten des Rotorkörpers Ausnehmungen vorgesehen sind, wobei Ausnehmungen von in Axialrichtung benachbarten Blechen sich in Umfangsrichtung zumindest teilweise überlappen, so dass sich beim nachfolgenden Gießen des Rotorkäfigs ein durch die ausgegossenen Ausnehmungen verlaufender durchgängiger Kurzschlussring ergibt.

**[0007]** Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Käfigläuferrotor für eine elektrische Asynchronmaschine vorgeschlagen, welcher einen Rotorkörper, mehrere in Längsrichtung des Rotorkörpers verlaufende und in Umfangsrichtung des Rotorkörpers voneinander beabstandete Kurzschlussstäbe sowie jeweils einen Kurzschlussring an jeder Stirnfläche des Rotorkörpers aufweist. Der Rotorkörper besteht dabei aus einem ersten Material und die Käfigstäbe sowie die Kurzschlussringe bestehen überwiegend aus einem zweiten Material mit einer höheren elektrischen Leitfähigkeit als das erste Material. Der Käfigläuferrotor zeichnet sich dadurch aus, dass

die Kurzschlussringe ferner in radialer Richtung verlaufende und in das zweite Material integrierte Stege aus dem ersten Material mit einer höheren mechanischen Festigkeit als das zweite Material aufweisen.

**[0008]** Ideen zu Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können unter anderem als auf den nachfolgend beschriebenen Gedanken und Erkenntnissen beruhend angesehen werden.

**[0009]** Bei Rotoren herkömmlicher Asynchronmaschinen ragen die Kurzschlussringe des Rotorkäfigs typischerweise in Axialrichtung über die Stirnflächen des Rotorkörpers hinaus ab. Um den bei hohen Drehzahlen auftretenden Fliehkräften standhalten zu können, werden die Kurzschlussringe häufig durch von außen umgreifende Bandagen gestützt.

**[0010]** Um auf als Zusatzteile vorzusehende Bandagen möglichst verzichten zu können und/oder um zusätzliche Montageprozesse beispielsweise zum Anbringen von Bandagen vermeiden zu können, wird vorgeschlagen, bei einem Herstellen eines gegossenen Rotorkäfigs für einen Käfigläuferrotor vor einem Gießvorgang an den Stirnflächen des Rotorkörpers zusätzlich Bleche anzuordnen, die mit Ausnehmungen versehen sind, welche derart geeignet ausgestaltet und angeordnet sind, dass sich Ausnehmungen von axial benachbarten Blechen in Umfangsrichtung zumindest teilweise überlappen. Durch ein solches Überlappen benachbarter Ausnehmungen kann sich ein Hohlraum ergeben, der sich angrenzend an eine Stirnfläche des Rotorkörpers ringförmig erstreckt und der mit den Nuten in dem Rotorkörper verbunden ist. Dementsprechend kann beim Einfüllen flüssigen Metalls während des Gießvorgangs zum Herstellen des Rotorkäfigs das flüssige Metall sowohl in die Nuten des Rotorkörpers als auch in den an die Stirnflächen angrenzenden Hohlraum innerhalb der dort angeordneten Bleche einströmen. Nach einem Erstarren des Metalls kann auf diese Weise ein einstückiger und elektrisch gut leitfähiger Rotorkäfig gebildet worden sein. Die Kurzschlussringe dieses Rotorkäfigs sind dabei durch das Metall gebildet, welches beim Gießen in die miteinander verbundenen Ausnehmungen benachbarter Bleche an den Stirnflächen des Rotorkörpers eingeströmt ist. Der Kurzschlussring ist hierbei durch in radialer Richtung verlaufende Stege, welche bei den an den Stirnflächen des Rotorkörpers angeordneten Blechen benachbarte Ausnehmungen voneinander getrennt haben, stabilisiert. Im Gegensatz zu den zum Bilden des Rotorkäfigs regelmäßig verwendeten, relativ weichen Metallen, wie zum Beispiel Aluminium oder Kupfer, bestehen die Bleche und somit auch die in die Kurzschlussringe integrierten Stege aus Elektrolechen, welche eine höhere mechanische Festigkeit aufweisen und durch die „Verkrallung“ im Guss zur Festigkeitssteigerung beitragen können.

**[0011]** Die mechanisch festeren Stege sind dabei in das elektrisch gut leitfähige Material der Kurzschlussringe integriert, das heißt in dieses eingegossen, und können somit die sie umgebenden Kurzschlussringe gegenüber auftretenden Fliehkräften stabilisieren. Ein Kurzschlussring besteht somit überwiegend, d.h. zu mehr als 50 vol-%, vorzugsweise mehr als 80 vol-%, aus dem elektrisch gut leitfähigen Material, das Material der stabilisierenden Stege macht lediglich einen untergeordneten Volumenanteil aus.

**[0012]** Besonders vorteilhaft lässt sich das vorgeschlagene Fertigungsverfahren ausgestalten, wenn sowohl der Rotorkörper als auch die die Kurzschlussringe stabilisierenden Stege aus in Axialrichtung gestapelten Blechen aufgebaut sind. Mit anderen Worten kann der Rotorkörper aus einem Paket aus Blechen ausgebildet sein, wobei die in dem Rotorkörper auszubildenden Nuten durch beispielsweise gestanzte und miteinander fluchtend angeordnete Ausnehmungen in den Blechen des den Rotorkörper bildenden Blechpakets ausgebildet sein können. Die Bleche der jeweils an den Stirnflächen des Rotorkörpers vorzusehenden Blechpakete können dabei zumindest hinsichtlich eines Materials und/oder hinsichtlich einer Blechdicke identisch zu den für den Rotorkörper verwendeten Blechen sein. Allerdings sind die in diesen Blechen vorzusehenden Ausnehmungen anders gestaltet als die die Nuten in dem Rotorkörper bildenden Ausnehmungen der dortigen Bleche.

**[0013]** Insbesondere können die Ausnehmungen in diesen an den Stirnflächen des Rotorkörpers angeordneten Blechen eine größere Querschnittsfläche aufweisen als die Nuten des Rotorkörpers. Ferner können diese Bleche derart angeordnet sein, dass die Ausnehmungen benachbarter Bleche nicht stets miteinander fluchten, sondern dass zumindest ein Teil der Bleche verdreht zu anderen Blechen gelagert sind, so dass sich Ausnehmungen benachbarter Bleche zumindest teilweise überlappen und so den eingangs genannten, umlaufenden Hohlraum bilden, in dem dann durch Eingießen flüssigen Metalls der elektrisch leitfähige Kurzschlussring gebildet werden kann.

**[0014]** Anders ausgedrückt kann zum Fertigen des hier vorgeschlagenen Käfigläuferrotors nicht nur der Rotorkörper, das heißt der Bereich des Rotors, durch den sich die Kurzschlussstäbe erstrecken, durch hintereinander gestapelte und geeignet in Form gestanzte Bleche gebildet werden, sondern auch in an die Stirnflächen des Rotorkörpers angrenzenden Bereichen können ähnliche oder gleiche Bleche gestapelt angeordnet werden, die jedoch im Vergleich zu den Blechen für den Rotorkörper mit vergrößerten Ausnehmungen versehen werden, so dass sich beim Gießen des Rotorkäfigs in diesen Bereichen die Kurzschlussringe bilden. Die in den Bereichen der Kurzschlussringe vorgesehenen Bleche können da-

bei hinsichtlich ihrer Kontur, das heißt insbesondere hinsichtlich eines Umfangs einer innen liegenden Öffnung, in die eine Welle des Rotors aufzunehmen ist, sowie hinsichtlich eines Außenumfangs, der einer Mantelfläche des zylindrischen Rotors entspricht, gleich denjenigen Blechen sein, wie sie für den Rotorkörper verwendet werden. Insbesondere können die in den Blechen vorgesehenen Ausnehmungen vollständig von Blechmaterial umgeben sein. Anders ausgedrückt können die Bleche einen radial innen liegenden Ring bilden, mit dem sie später auf einer Welle des Rotors aufgedrückt werden können, und einen radial außen liegenden Ring, der zumindest in einem Fertigungsstadium, in dem der Rotor noch nicht vollständig fertiggestellt ist, einen Außenumfang des Rotors bildet. Zwischen dem innen liegenden Ring und dem außen liegenden Ring erstrecken sich die Stege, die benachbarte Ausnehmungen voneinander separieren und die im fertiggestellten Käfigläuferrotor die mechanische Stabilisierung für den in die Ausnehmungen eingegossenen Kurzschlussring bilden. Ein Abstand zwischen Stegen derjenigen Bleche, die angrenzend an die Stirnflächen des Rotorkörpers angeordnet werden, soll vorteilhafterweise in Umfangsrichtung gesehen größer sein als ein Abstand zwischen Kurzschlussstäben, welche in den Nuten des Rotorkörpers verlaufen. Anders ausgedrückt können mehrere Nuten in dem Rotorkörper in eine einzelne Ausnehmung in den den Kurzschlussring stabilisierenden Blechen münden.

**[0015]** Aufgrund der Ausgestaltung und Anordnung der an den Stirnflächen des Rotorkörpers anzuordnenden Bleche, das heißt insbesondere der in Umfangsrichtung miteinander überlappend angeordneten Ausnehmungen benachbarter Bleche, kommt es im fertiggestellten Käfigläuferrotor dazu, dass die Kurzschlussringe mehrere sowohl in Umfangsrichtung als auch in Axialrichtung voneinander beabstandete Stege aufweisen. Anders ausgedrückt sind in den Kurzschlussringen integrierte Stege aufgenommen, welche sowohl in Umfangsrichtung wie auch in Axialrichtung andere, von ihnen beabstandete benachbarte Stege haben. Durch Freiräume zwischen beabstandeten Stegen kann beim Gießen des Rotorkäfigs flüssiges Metall strömen, so dass sich insgesamt der durchgehende Kurzschlussring bilden kann und letztendlich auch flüssiges Metall in die die Kurzschlussstäbe bildenden Nuten des Rotorkörpers gelangen kann. Die Kurzschlussstäbe und ein Anteil der Kurzschlussringe, welche aus dem elektrisch besser leitfähigen zweiten Material bestehen, können somit einstückig miteinander verbunden sein.

**[0016]** Gemäß einer Ausführungsform können die in die Kurzschlussringe integrierten Stege durch Bleche gebildet sein, in denen Ausnehmungen ausgebildet sind, die von den Stegen seitlich begrenzt sind. Die Bleche können dabei derart in Umfangsrichtung versetzt zueinander angeordnet sein, dass Ausnehmungen

von in Axialrichtung benachbarten Blechen sich in Umfangsrichtung zumindest teilweise überlappen.

**[0017]** Bei einem fertiggestellten Käfigläufer können somit in Umfangsrichtung benachbarte und durch Stege separierte Bereiche eines Kurzschlussrings durch Verbindungsbereiche verbunden sein, die ebenfalls Teil des Kurzschlussrings sind und die zwischen in axialer Richtung benachbarten Stegen angeordnet sind.

**[0018]** Gemäß einer Ausführungsform kann bei dem hierin beschriebenen Fertigungsverfahren nach dem Gießen des Rotorkäfigs ergänzend vorgesehen sein, jeweils einen außen liegenden Bereich der an die Stirnflächen des Rotorkörpers angrenzend angeordneten Bleche derart zu entfernen, dass die in Ausnehmungen eingegossenen Bereiche der Kurzschlussringe, d.h. Bereiche, die aus dem zweiten, elektrisch gut leitfähigen Material bestehen, nach radial außen hin frei liegen. Das Entfernen der außen liegenden Bereiche der Bleche kann dabei beispielsweise im Rahmen eines Prozessierungsschritts durchgeführt werden, bei dem ein Außenumfang des Rotorkörpers nach Aufpressen desselben auf eine Welle abgedreht wird, um beispielsweise eine Konzentrität zu Lagerstellen herzustellen oder Unwuchten zu vermindern. In einem solchen spanenden Abdrehvorgang können gleichzeitig die außen liegenden Bereiche der den Kurzschlussring bildenden Bleche abgedreht werden. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass der Kurzschlussring nach radial außen hin von magnetisierbarem Material der Bleche umgeben wird, was aus elektromagnetischen Gründen zur Minimierung eines magnetischen Streuflusses innerhalb der Asynchronmaschine notwendig sein kann.

**[0019]** Um zu erkennen, an welchen Stellen die Bleche in ihrem außen liegenden Bereich abgedreht werden sollen, kann es beispielsweise vorteilhaft sein, die den Kurzschlussring umgebenden Bleche mit von außen her erkennbaren Markierungen, beispielsweise in Form von außen liegenden Kerben, zu versehen, die im gleichen Stanzprozess bzw. -werkzeug nur in diesem einen Blech selektiv durch einen zuschaltbaren Stempel angebracht werden können

**[0020]** Nach dem Entfernen der außen liegenden Bereiche dieser Bleche, das heißt beim fertiggestellten Käfigläuferrotor, können die durch die Ausnehmungen in diesen Blechen gebildeten Kurzschlussringe einen kleineren Durchmesser aufweisen als der Rotorkörper.

**[0021]** Zusammenfassend und mit anderen Worten ausgedrückt kann ein Ziel von Ausführungsformen der Erfindung darin gesehen werden, eine Herstellung eines Käfigläuferrotors mit einem gegossenen Rotorkäfig für Hochdrehzahlantriebe zu ermöglichen. Bleche eines Blechpaketes können dabei derart aus-

geführt sein, dass es darin Bereiche mit modifiziertem Blechquerschnitt gibt, die Hohlräume für einen beim Metallgießen auszubildenden Kurzschlussring bilden, in denen sich eingegossenes Käfigmaterial nach einem Erstarren verkrallen kann bzw. gehalten wird und dadurch die Drehzahlbelastbarkeit des Käfigläuferrotors erhöht wird. Es werden hierbei nicht notwendigerweise Zusatzteile oder zusätzliche Montageprozesse benötigt. Sowohl Bleche, die ein Blechpaket des Rotorkörpers bilden, als auch Bleche, die angrenzend an Stirnflächen des Rotorkörpers anzuordnen sind und dort zur Bildung des durch Blechstege stabilisierten Kurzschlussrings dienen, müssen bzw. sollten in einem gemeinsamen Stanzprozess bzw. im gleichen Stanzwerkzeug hergestellt und dann geeignet angeordnet, das heißt verknüpft und verdreht, werden. Nach dem Gießen und Erstarren des Rotorkäfigs kann der Rotorkörper zur Herstellung von dessen Konzentrität über- und abgedreht werden und dabei beispielsweise im gleichen Arbeitsgang ein außen liegender Überstand von Blechmaterial über dem Kurzschlussring abgedreht werden, so dass der Kurzschlussring nach außen hin frei liegt und magnetische Streuflüsse in der Asynchronmaschine minimiert werden. Bei dem vorgeschlagenen Käfigläuferrotor können ferner höhere Dauerleistungen der Asynchronmaschine erreicht werden aufgrund einer besseren thermischen Anbindung des Kurzschlussrings an eine darin angeordnete Welle zur Wärmeabfuhr. Schließlich können aufgrund des hierin vorgeschlagenen vorteilhaften Fertigungsverfahrens längere Standzeiten für Gusswerkzeuge erreicht werden, da weniger Kontakt mit flüssigem Metall während des Gießens des Rotorkäfigs auftritt.

**[0022]** Es wird darauf hingewiesen, dass einige der möglichen Merkmale und Vorteile der Erfindung hierin mit Bezug auf Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Fertigungsverfahrens und teilweise mit Bezug auf Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Käfigläuferrotors beschrieben sind. Ein Fachmann erkennt, dass die Merkmale in geeigneter Weise kombiniert, angepasst oder ausgetauscht werden können, um zu weiteren Ausführungsformen der Erfindung zu gelangen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0023]** Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, wobei weder die Zeichnungen noch die Beschreibung als die Erfindung einschränkend auszulegen sind.

**[0024]** Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Käfigläuferrotors in einem teilweise fertiggestellten Zustand vor einem Gießen des Rotorkäfigs.

**[0025]** Fig. 2 zeigt eine vergrößerte Teilansicht des Käfigläuferrotors aus Fig. 1.

**[0026]** Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf eine Blechlamelle eines Rotorkörpers des Käfigläuferrotors aus Fig. 1.

**[0027]** Fig. 4 zeigt eine Draufsicht auf eine Blechlamelle, wie sie an einer der Stirnflächen des Rotorkörpers zum Bilden des Kurzschlussrings vorzusehen ist, des Käfigläuferrotors aus Fig. 1.

**[0028]** Fig. 5 zeigt eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Käfigläuferrotors nach einem Gießen des Rotorkäfigs.

**[0029]** Fig. 6 zeigt eine vergrößerte Teilansicht aus Fig. 5.

**[0030]** Fig. 7 zeigt eine vergrößerte Teilansicht einer alternativen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Käfigläuferrotors.

**[0031]** Fig. 8 zeigt eine perspektivische Ansicht eines fertiggestellten erfindungsgemäßen Käfigläuferrotors.

**[0032]** Fig. 9 zeigt eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Käfigläuferrotors vor einem Abdrehen einer radial außen liegenden Oberfläche im Bereich eines Kurzschlussrings.

**[0033]** Fig. 10 veranschaulicht eine alternative Ausgestaltung eines gestanzten Bleches zum Ausbilden eines Kurzschlussrings angrenzend an eine Stirnfläche des Rotorkörpers eines erfindungsgemäßen Käfigläuferrotors.

**[0034]** Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in den Figuren gleiche oder gleichwirkende Merkmale.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0035]** Fig. 1 sowie die vergrößerte Ansicht in Fig. 2 zeigen einen erfindungsgemäßen Käfigläuferrotor für eine elektrische Asynchronmaschine in einem teilweise prozessierten Zustand.

**[0036]** Der Käfigläuferrotor **1** weist einen zylindrischen Rotorkörper **3** auf. Dieser Rotorkörper **3** ist als Stapel dünner lamellenartiger Rotorbleche **5** mit einer Geometrie, wie sie in Fig. 3 dargestellt ist, gebildet. Jedes Rotorblech **5** ist dabei mit einem kreisförmigen Außenumfang und einer zentral angeordneten, ebenfalls kreisförmigen Ausnehmung **7** ausgebildet. Nahe des Außenumfangs befindet sich eine Vielzahl länglicher, in radialer Richtung verlaufender Ausnehmungen **9**. Die Rotorbleche **5** werden derart hintereinan-

der gestapelt angeordnet, dass die Ausnehmungen **9** miteinander fluchten, um so in Längsrichtung des Rotorkörpers **3** verlaufende und in Umfangsrichtung des Rotorkörpers voneinander beabstandete Nuten **11** zu bilden.

**[0037]** An Stirnflächen des Rotorkörpers **3** sind jeweils mehrere ebenfalls lamellenartige Bleche **13** angeordnet. Eine Geometrie dieser Bleche **13** ist in **Fig. 4** dargestellt und entspricht hinsichtlich eines Außenumfangs sowie hinsichtlich einer zentralen Ausnehmung **7** der Geometrie der den Rotorkörper **3** bildenden Rotorbleche **5**, wie sie in **Fig. 3** dargestellt sind. Nahe des Außenumfangs der Bleche **13** sind wiederum Ausnehmungen **15** vorgesehen. Allerdings sind die Ausnehmungen **15** dieser Bleche **13** hinsichtlich ihrer Querschnittsfläche wesentlich größer als die Ausnehmungen **9**, welche die Nuten **11** in dem Rotorkörper **3** bilden sollen. Dabei weisen die Ausnehmungen **15** in Umfangsrichtung eine wesentlich größere Breite auf als Stege **17**, welche zwischen benachbarten Ausnehmungen **15** verbleiben. Beispielsweise sind die Stege **17** lediglich wenige Millimeter breit, zum Beispiel weniger als 10 mm, vorzugsweise weniger als 5 mm breit. An einem radial außen liegenden Enden sind die Stege **17** durch einen dünnen Ringbereich **18**, welcher beispielsweise weniger als 5mm, vorzugsweise weniger als 2mm dick sein kann, miteinander verbunden. An einem radial innen liegenden Enden sind die Stege **17** innenliegenden Ring **16** miteinander einstückig verbunden sind

**[0038]** Wie in **Fig. 2** gut erkennbar, sind die Bleche **13** hinsichtlich ihrer Ausnehmungen **15** derart winkerversetzt zueinander angeordnet, dass sich Ausnehmungen **15** von in axialer Richtung benachbarten Blechen **13** teilweise überlappen. Im dargestellten Beispiel sind dabei jeweils beispielsweise drei Bleche **13** derart in axialer Richtung hintereinander gestapelt, dass ihre Stege **17** miteinander fluchten. Diese erste Gruppe von Blechen **13** wird gegenüber einer in Axialrichtung benachbart angeordneten zweiten Gruppe von beispielsweise ebenfalls drei Blechen derart winkerversetzt zueinander angeordnet, dass die Stege **17** der beiden Gruppen von Blechen in Umfangsrichtung gesehen an unterschiedlichen Positionen verlaufen. Eine dritte Gruppe von Blechen **13**, die in Axialrichtung benachbart zur zweiten Gruppe von Blechen **13** angeordnet ist, ist beispielsweise derart angeordnet, dass ihre Stege **17** mit den Stegen **17** der ersten Gruppe von Blechen **13** fluchten. Die zweite Gruppe von Blechen **13** ist dabei zwischen der ersten und der dritten Gruppe von Blechen **13** vorgesehen. Zwischen den in Umfangsrichtung benachbarten Ausnehmungen **15** der Gruppen von Blechen **13** besteht somit eine Verbindung in Form eines Verbindungsbereichs **20**, der jeweils durch einen Spalt zwischen den Stegen **17** der ersten Gruppe und den Stegen **17** der dritten Gruppe von Blechen **13** gebildet wird. Beispielsweise sind mehrere Anordnun-

gen bestehend aus ersten, zweiten und dritten Gruppen von Blechen **13** in axialer Richtung hintereinander vorgesehen und bilden dadurch jeweils mehrere Verbindungsbereiche **20**. Dadurch erstreckt sich ein durchgängig verbundener Hohlraum, der durch die überlappenden Ausnehmungen **15** gebildet ist, in Umfangsrichtung und verbindet dabei die Nuten **11** in dem Rotorkörper **3** untereinander.

**[0039]** Die in **Fig. 3** dargestellten Rotorbleche **5** für den Rotorkörper **3** sowie die in **Fig. 4** dargestellten Bleche **13**, die angrenzend an die Stirnflächen des Rotorkörpers **3** anzuordnen sind und mit großen Ausnehmungen **15** versehen sind, können aus gleichem Blechmaterial hergestellt werden. Insbesondere kann ein gleiches Stanzwerkzeug eingesetzt werden, um einerseits die kleinen Ausnehmungen **9** in den Rotorblechen **5** sowie die großen Ausnehmungen **15** in den Blechen **13** auszustanzen. Hierfür können beispielsweise zu- und abschaltbare Stempel eingesetzt werden.

**[0040]** Nachdem an den Rotorkörper **3** die speziell mit vergrößerten Ausnehmungen **15** ausgebildeten Bleche **13** angrenzend an dessen Stirnflächen angelagert wurden, kann der Rotorkörper gegossen werden. Hierzu kann flüssiges Metall, beispielsweise flüssiges Kupfer oder flüssiges Aluminium, in den beispielsweise in einer Form aufgenommenen Stapel aus Rotorblechen **5** und Blechen **13** eingefüllt werden. Das flüssige Metall strömt durch die Öffnungen **9** hindurch in die durch die Öffnungen **9** gebildeten Nuten **11** und füllt dabei alle Hohlräume aus. Wie in **Fig. 5** dargestellt, ergibt sich dadurch ein Käfigläuferrotor **1** mit einem einstückig gegossenen Rotorkäfig **19** mit in den Nuten **11** in Längsrichtung des Rotorkörpers **3** verlaufenden Käfigstäben, welche durch jeweils einen umlaufenden Kurzschlussring **21** im Bereich des Stapels von Blechen **13** an den entgegengesetzten Stirnflächen des Rotorkörpers **3** untereinander verbunden sind. Der von dem erstarrten eingegossenen Metall gebildete Rotorkäfig **19** besteht somit aus einem Material mit wesentlich besserer elektrischer Leitfähigkeit als diejenige des Materials der Rotorbleche bzw. Bleche **5**, **13**.

**[0041]** Wie in der vergrößerten Darstellung in **Fig. 7** dargestellt, kann eine beim Gießen des Rotorkäfigs **19** verwendete Form derart ausgestaltet sein, dass das flüssige Metall bündig mit dem Stapel aus Blechen **13** abschließt. In dieser Ausgestaltung ist nach dem Erstarren des eingefüllten Metalls ein damit gebildeter Kurzschlussring **21** bündig abschließend mit dem in Axialrichtung äußersten Blech **13**. Alternativ kann eine beim Gießen verwendete Form derart ausgestaltet sein, dass der nach dem Gießen erstarrte Kurzschlussring **21** wie in **Fig. 6** dargestellt in axialer Richtung über das Paket von Blechen **13** übersteht. Ein Vorteil der in **Fig. 7** dargestellten Ausgestaltung mit zu den Blechen **13** bündigem Kurzschlussring **21**

könnte darin bestehen, dass weniger flüssiges Metall während des Gießens mit einem Werkzeug in Kontakt kommt, wodurch eine Werkzeugstandzeit erhöht werden kann. Außerdem ist für den Fall, dass der Kurzschlussring **21** nicht übersteht, sondern bündig abschließt, ein Gusswerkzeug sehr einfach ausgestaltbar, da es zum Beispiel lediglich bündig auf einer letzten Blechlamelle **13** eben aufliegen muss

**[0042]** Fig. 8 zeigt eine Ausgestaltung eines fertiggestellten Käfigläuferrotors **1**. Durch die zentrale Ausnehmung **7** ist dabei eine Welle **23** eingepresst. Stege **17** der Bleche **13** sind in das den Kurzschlussring **21** bildende elektrisch gut leitfähige Material integriert und stabilisieren dieses mechanisch. An einem radial innen liegenden Rand des innenliegenden Randbereichs **16** grenzen die Bleche **13** mit direktem Kontakt an die Welle **23** an, so dass in dem Kurzschlussring **21** generierte Wärme gut an die Welle **23** abgeleitet werden kann.

**[0043]** Wie in Fig. 8 dargestellt, ist ferner der die Stege **17** außen umlaufende Ringbereich **18** der Bleche **13** entfernt worden, so dass die in die Ausnehmungen **15** eingegossenen Bereiche der Kurzschlussringe **21** nach radial außen hin frei liegen. Es ist üblich, nach einem Aufpressen von den Rotorkörper **3** bildenden Rotorblechen **5** auf die Welle **23** deren Außendurchmesser noch einmal zu überdrehen, um eine Konzentrität zu den Lagerstellen herzustellen bzw. Unwuchten zu minimieren. In der gleichen Aufspannung kann dabei gleichzeitig auch der außen liegende ringförmige Bereich **18** (siehe Fig. 4) der Bleche **13** über dem Kurzschlussring **21** abgedreht werden. Dies kann aus elektromagnetischen Gründen zur Streuflussminimierung erforderlich sein. Die Stege **17** verbleiben dabei im Kurzschlussring **21** und erhöhen so die Festigkeit bzw. Drehzahlbelastbarkeit der Kurzschlussringe **21**.

**[0044]** Da am gegossenen Blechpaket von außen her nicht mehr erkennbar sein kann, wo der Bereich des Kurzschlussrings **21** anfängt, können in den hierfür vorgesehenen Blechen **13** von außen her erkennbare Markierungen **25** beispielsweise in Form kleiner Kerben vorgesehen sein, wie dies in Fig. 9 dargestellt ist. Gegebenenfalls kann es genügen, lediglich an dem direkt an die Stirnfläche des Rotorkörpers **3** angrenzenden ersten Blech **13** mit vergrößerter Ausnehmung **15** eine solche Markierung **25** anzubringen. Auf diese Weise lässt sich während des Abdrehens des äußeren Umfangs des Käfigläuferrotors **1** eine erforderliche Abdrehlänge im Bereich der Kurzschlussringe **21** von außen leicht auf der Oberfläche erkennen und kann somit beispielsweise kontrolliert werden.

**[0045]** Abschließend veranschaulicht Fig. 10 eine alternative Ausgestaltung der Geometrie der zum Bilden eines Kurzschlussrings **21** an den Stirnflächen

des Rotorkörpers **3** angeordneten Bleche **13**. In dieser Ausgestaltung sind die Stege **17** der Bleche **13** jeweils in Paaren angeordnet, so dass eine zwischen einem Paar von Stegen **17** befindliche Ausnehmung **15''** in etwa der Geometrie der Ausnehmungen **9** der Rotorbleche **5** in dem Rotorkörper **3** entspricht, wohingegen zwischen benachbarten Paaren von Stegen **17** größere Ausnehmungen **15'** vorgesehen sind. Alle Kombinationsmöglichkeiten bzgl. Form, Anzahl, Anordnung und/oder Verdrehung der Stege **17** bzw. der hierdurch begrenzten Ausnehmungen **15'**, **15''** können mit Bezug auf Festigkeitsgesichtspunkte und Gießbarkeit optimiert gewählt werden, wobei ein Querschnitt und eine zulässige Stromdichte in dem Kurzschlussring **21** berücksichtigt werden kann.

**[0046]** Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass Begriffe wie „aufweisend“, „umfassend“, etc. keine anderen Elemente oder Schritte ausschließen und Begriffe wie „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließen. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Fertigen eines Käfigläuferrotors (**1**) für eine elektrische Asynchronmaschine, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:  
Bereitstellen eines Rotorkörpers (**3**) mit zwei an entgegengesetzten Enden des Rotorkörpers (**3**) befindlichen Stirnflächen sowie mit mehreren in Längsrichtung des Rotorkörpers (**3**) verlaufenden und in Umfangsrichtung des Rotorkörpers (**3**) voneinander beabstandeten Nuten (**11**);  
Gießen eines Rotorkäfigs (**19**) mit durch die Nuten (**11**) verlaufenden Kurzschlussstäben und an die Stirnflächen angrenzenden und die Kurzschlussstäbe verbindenden Kurzschlussringen (**21**);  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
das Verfahren vor dem Gießen des Rotorkäfigs (**19**) ergänzend folgenden Schritt umfasst:  
Anordnen jeweils eines Pakets aus mehreren in Axialrichtung gestapelten Blechen (**13**) an jeder der Stirnflächen;  
wobei in den Blechen (**13**) jeweils in einem Bereich axial angrenzend an die Nuten (**11**) des Rotorkörpers (**3**) Ausnehmungen (**15**) vorgesehen sind, wobei Ausnehmungen (**15**) von in Axialrichtung benachbarten Blechen (**13**) sich in Umfangsrichtung zumindest teilweise überlappen, so dass sich beim nachfolgenden Gießen des Rotorkäfigs (**19**) ein durch die ausgegossenen Ausnehmungen (**15**) verlaufender durchgängiger Kurzschlussring (**21**) ergibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ausnehmungen (15) eine größere Querschnittsfläche aufweisen als die Nuten (11) des Rotorkörpers (3).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Verfahren nach dem Gießen des Rotorkäfigs (19) ergänzend folgenden Schritt umfasst:  
Entfernen jeweils eines außenliegenden Bereichs (8) der Bleche (13) derart, dass in die Ausnehmungen (15) eingegossene Bereiche der Kurzschlussringe (21) nach radial außen hin frei liegen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Bleche (13) von radial außen her erkennbare Markierungen (25) aufweisen.

5. Käfigläuferrotor für eine elektrische Asynchronmaschine, aufweisend:  
einen Rotorkörper (3) mit zwei an entgegengesetzten Enden des Rotorkörpers (3) befindlichen Stirnflächen;  
mehrere in Längsrichtung des Rotorkörpers (3) verlaufende und in Umfangsrichtung des Rotorkörpers (3) voneinander beabstandete Kurzschlussstäbe;  
jeweils einen Kurzschlussring (21) an jeder der Stirnflächen des Rotorkörpers (3);  
wobei der Rotorkörper (3) aus einem ersten Material besteht und wobei die Kurzschlussstäbe sowie die Kurzschlussringe (21) überwiegend aus einem zweiten Material mit einer höheren elektrischen Leitfähigkeit als das erste Material bestehen;  
**dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurzschlussringe (21) ferner in radialer Richtung verlaufende und in das zweite Material integrierte Stege (17) aus dem ersten Material mit einer höheren mechanischen Festigkeit als das zweite Material aufweisen.

6. Käfigläuferrotor nach Anspruch 5, wobei der Rotorkörper (3) sowie die Stege (17) aus in Axialrichtung gestapelten Blechen (5, 13) aufgebaut sind.

7. Käfigläuferrotor nach Anspruch 6, wobei der Rotorkörper (3) sowie die Stege (17) aus Blechen (5, 13) gleicher Dicke aufgebaut sind.

8. Käfigläuferrotor nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei in Umfangsrichtung benachbarte Stege (17) durch einen in Radialrichtung innenliegenden Ring (16) miteinander einstückig verbunden sind.

9. Käfigläuferrotor nach Anspruch 8, wobei sich der Ring (16) in radialer Richtung bis hin zu einer zentral durch den Rotorkörper (3) verlaufenden Welle (23) erstreckt.

10. Käfigläuferrotor nach einem der Ansprüche 5 bis 9, wobei ein Abstand zwischen Stegen (17), welche in Umfangsrichtung zueinander benachbart sind, größer ist als ein Abstand zwischen Kurzschlussstä-

ben, welche in Umfangsrichtung zueinander benachbart sind.

11. Käfigläuferrotor nach einem der Ansprüche 5 bis 10, wobei die Kurzschlussringe (21) mehrere sowohl in Umfangsrichtung als auch in Axialrichtung voneinander beabstandete Stege (17) aufweisen.

12. Käfigläuferrotor nach einem der Ansprüche 5 bis 11, wobei die in die Kurzschlussringe (21) integrierten Stege (17) durch Bleche (13) gebildet sind, in denen Ausnehmungen (15) ausgebildet sind, die von den Stegen (17) seitlich begrenzt sind, wobei die Bleche (13) derart in Umfangsrichtung versetzt zueinander angeordnet sind, dass Ausnehmungen (15) von in Axialrichtung benachbarten Blechen (13) sich in Umfangsrichtung zumindest teilweise überlappen.

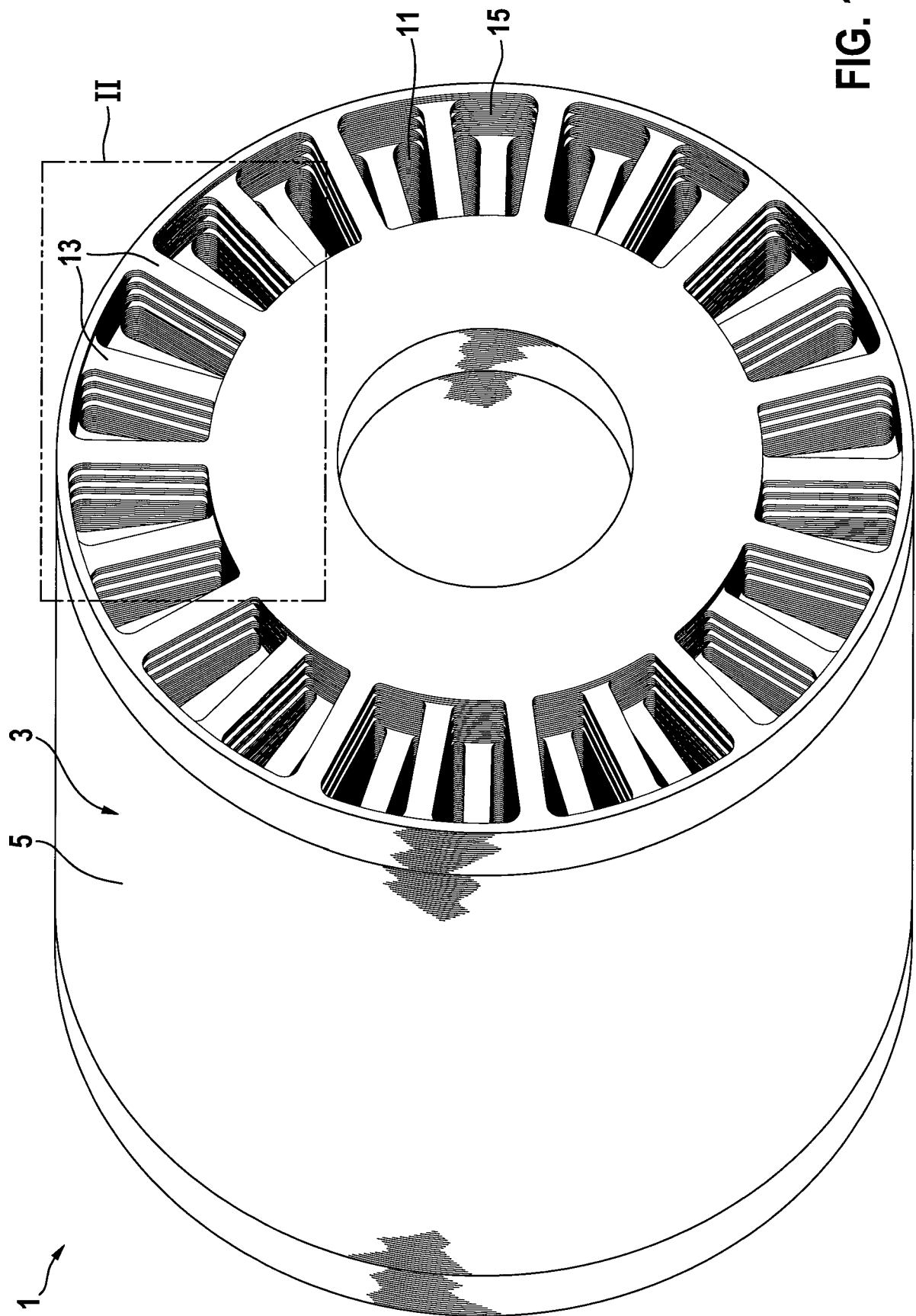
13. Käfigläuferrotor nach einem der Ansprüche 5 bis 12, wobei in Umfangsrichtung benachbarte und durch Stege (17) separierte Bereiche eines Kurzschlussrings (21) durch Verbindungsbereiche (20) verbunden sind, die ebenfalls Teil des Kurzschlussrings (21) sind und die zwischen in axialer Richtung benachbarten Stegen (17) angeordnet sind.

14. Käfigläuferrotor nach einem der Ansprüche 5 bis 13, wobei die Kurzschlussstäbe und ein Anteil der Kurzschlussringe (21), welcher aus dem zweiten Material besteht, einstückig miteinander verbunden sind.

15. Käfigläuferrotor nach einem der Ansprüche 5 bis 14, wobei die Kurzschlussringe (21) einen kleineren Durchmesser aufweisen als der Rotorkörper (3).

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



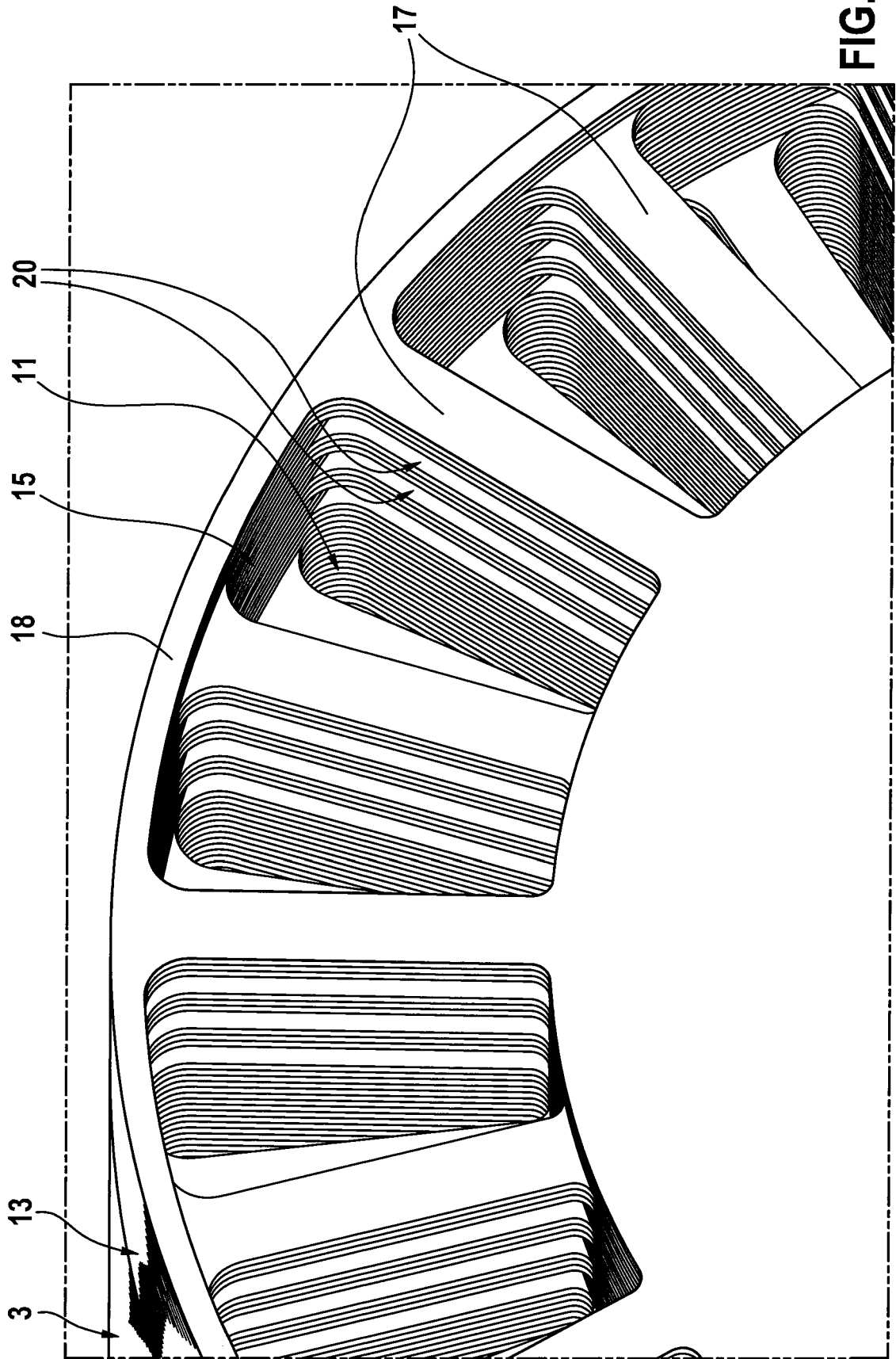
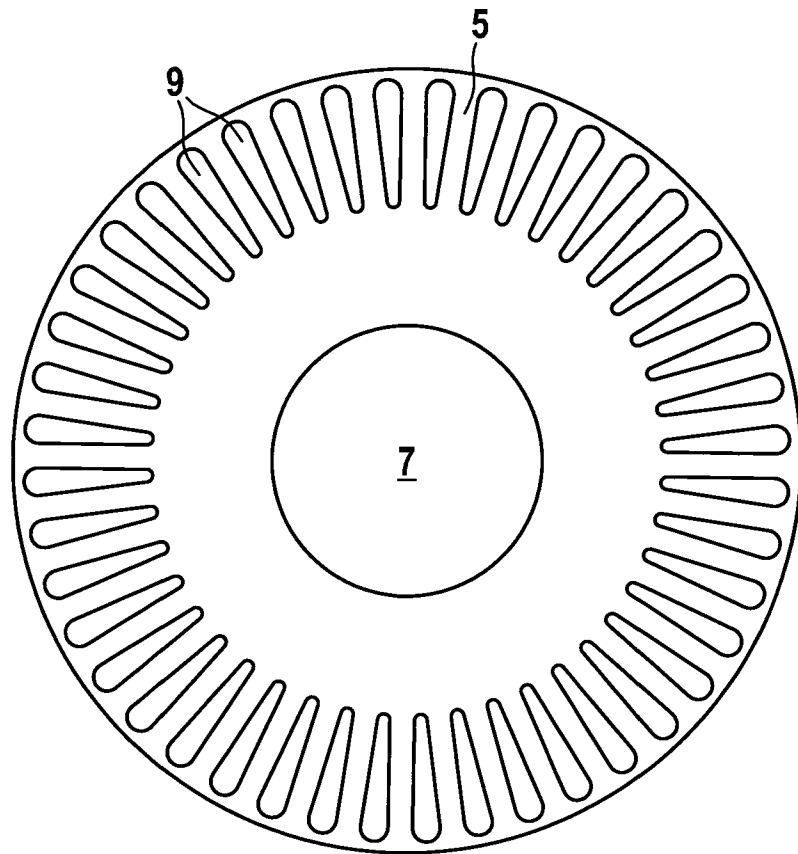


FIG. 2

**FIG. 3**



**FIG. 4**

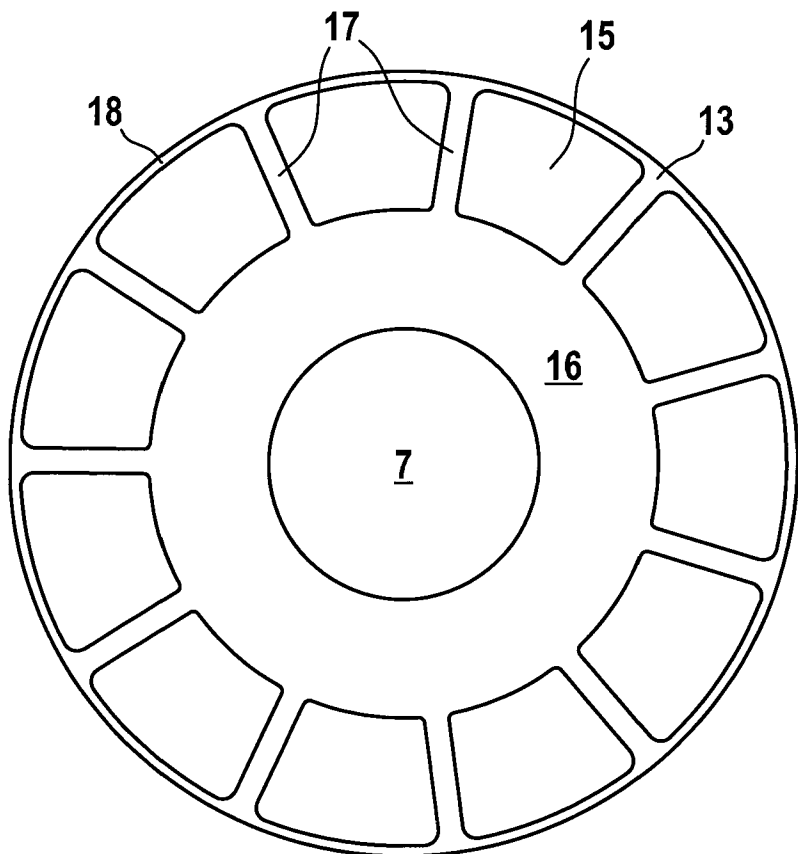




FIG. 6

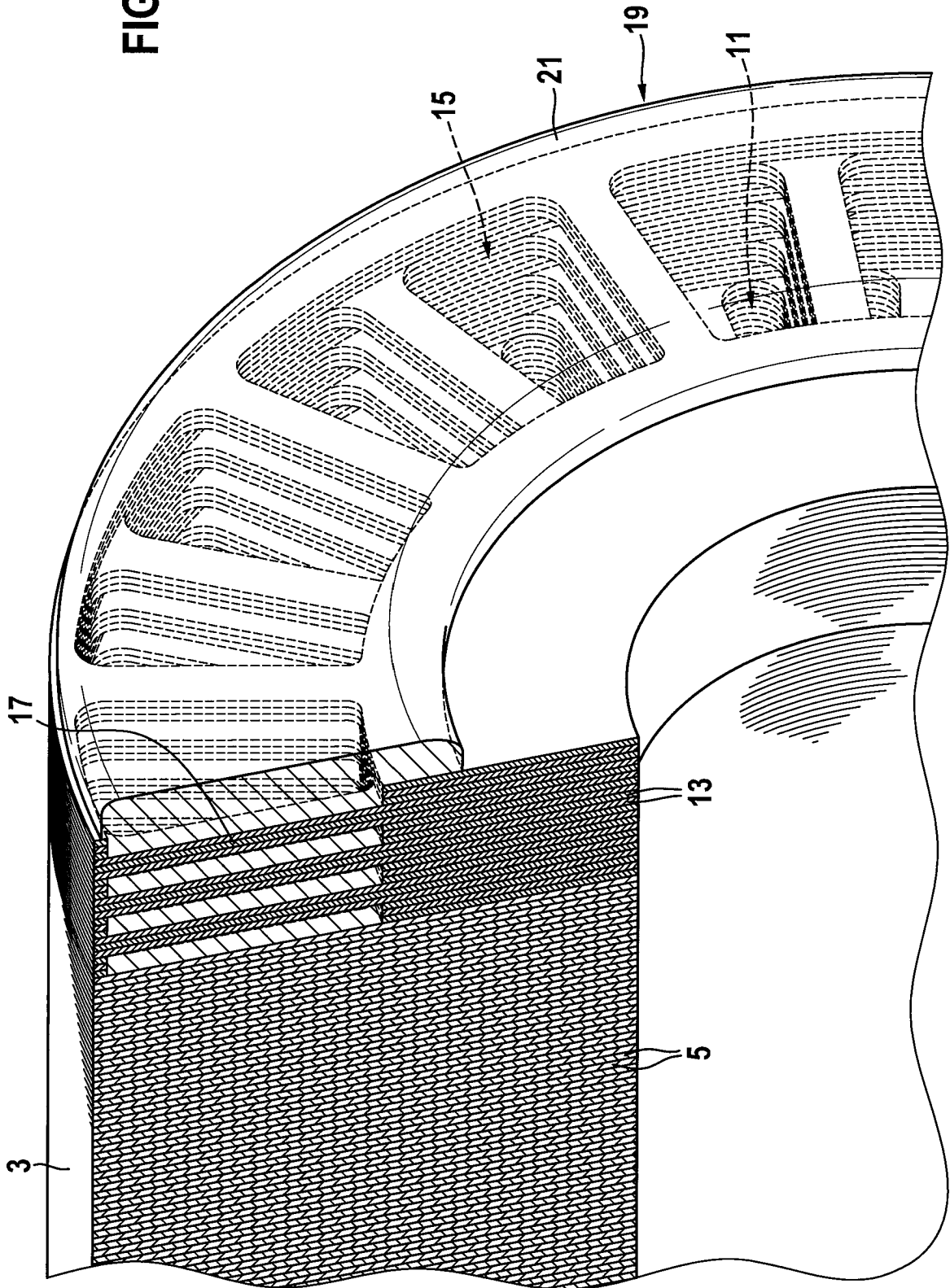
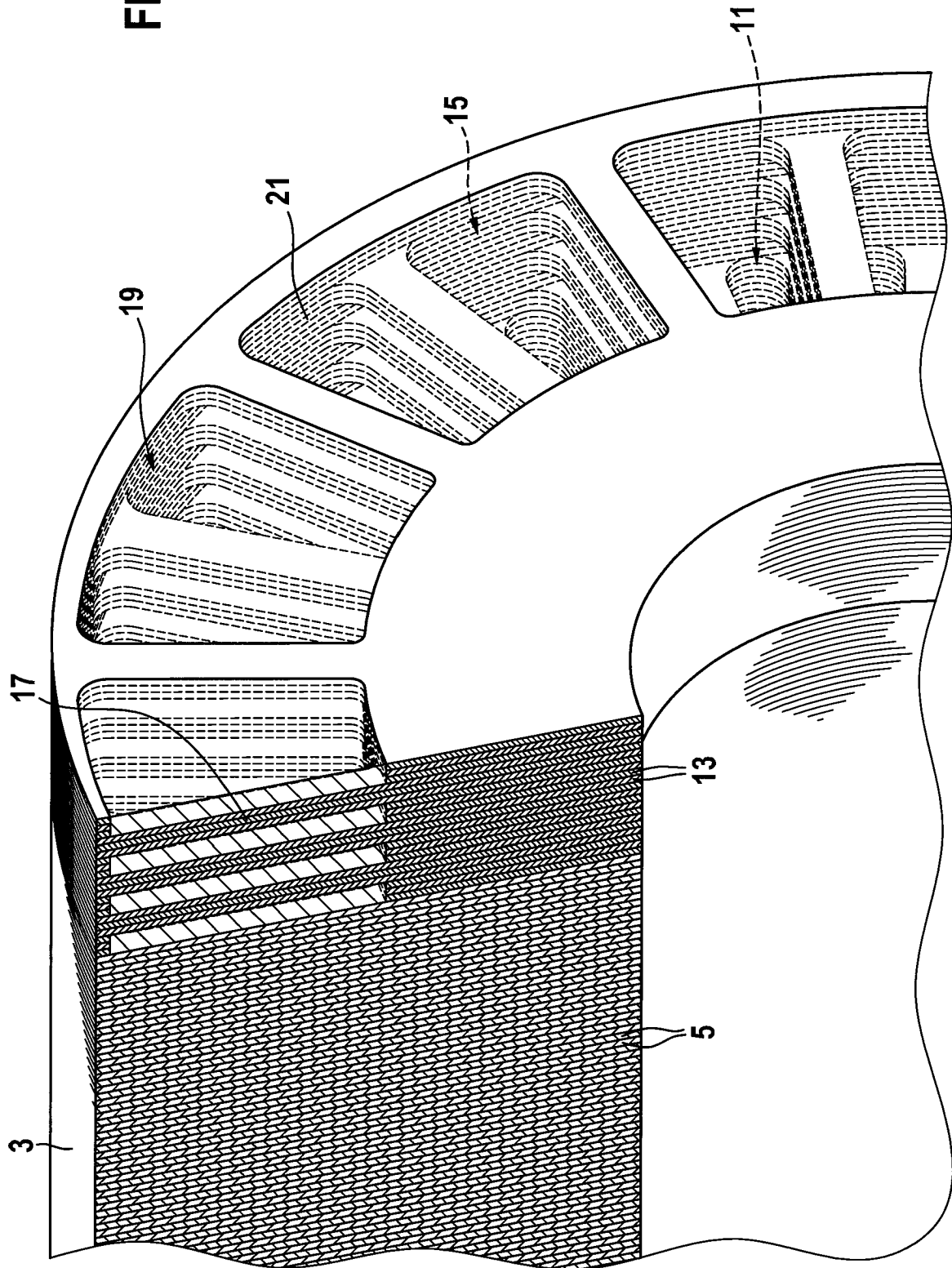


FIG. 7



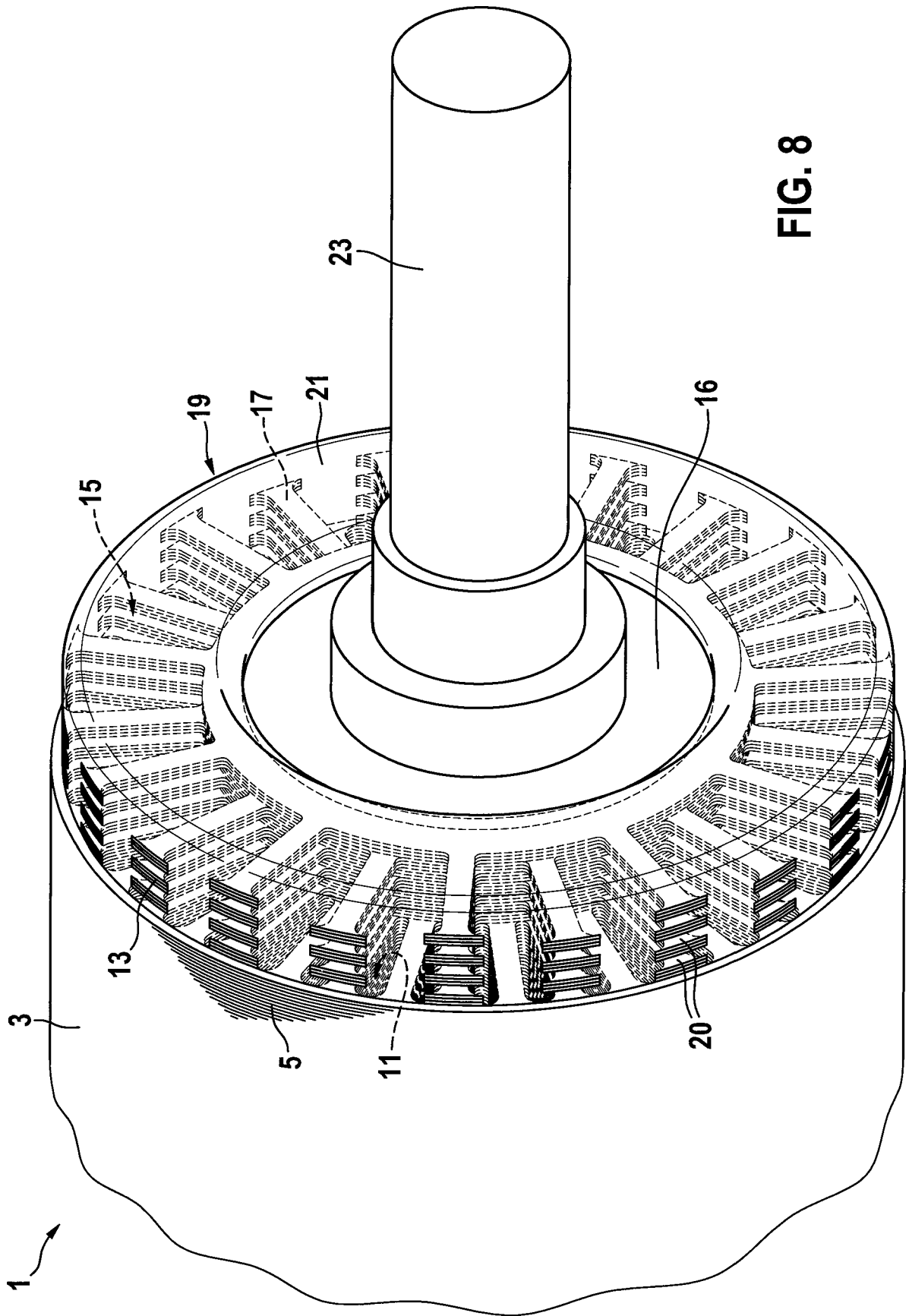
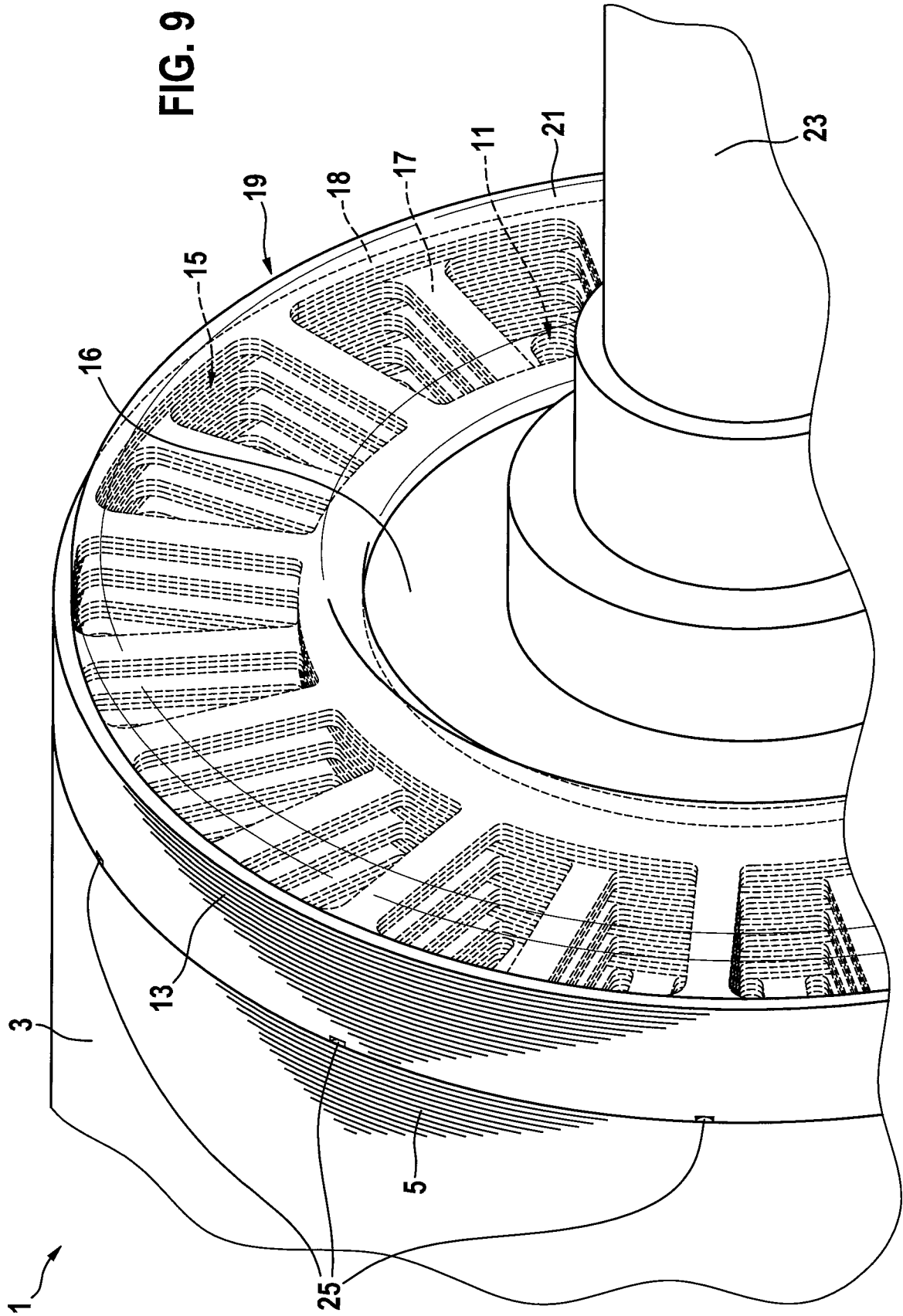


FIG. 8



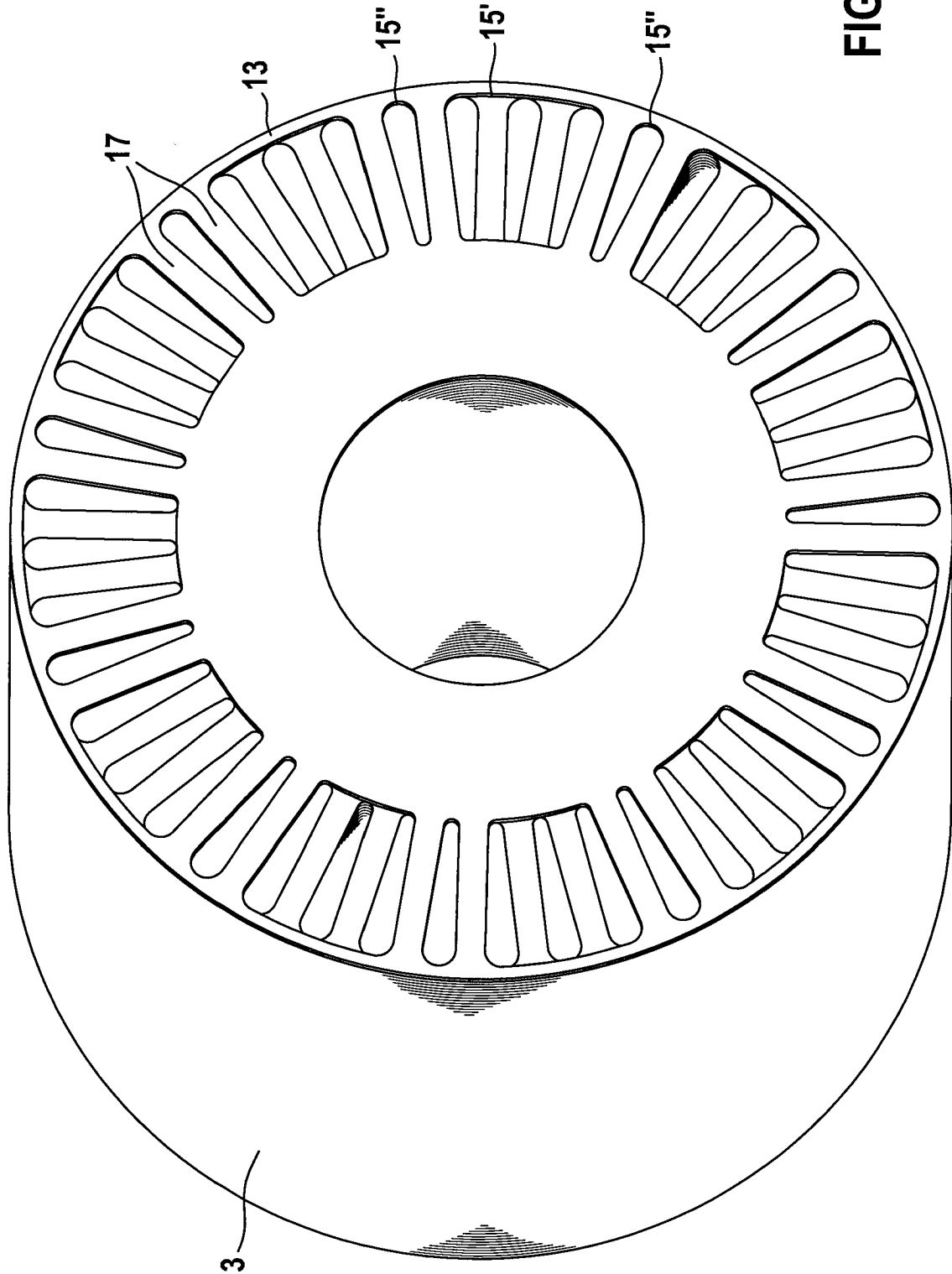


FIG. 10