



(10) **DE 10 2013 019 787 A1** 2015.05.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 019 787.2**

(22) Anmeldetag: **27.11.2013**

(43) Offenlegungstag: **28.05.2015**

(51) Int Cl.: **G01L 3/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Valeo Schalter und Sensoren GmbH, 74321
Bietigheim-Bissingen, DE**

(72) Erfinder:

**Rachui, Dirk, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE;
Fröhlich, Ekkehart, 74226 Nordheim, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

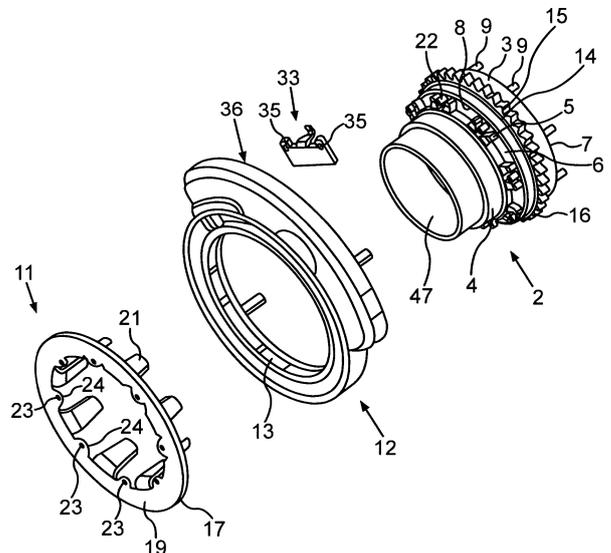
DE	10 2007 043 502	A1
DE	10 2008 061 983	A1
DE	10 2009 057 810	A1
DE	10 2011 054 004	A1
DE	10 2012 002 642	A1
DE	696 18 837	T2
DE	697 36 868	T2
US	6 439 066	B1
US	5 019 190	A
JP	2005- 290 447	A

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen eines ferromagnetischen Bauteils für einen Drehmomentsensor einer Fahrzeuglenkwelle und Drehmomentsensor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines ferromagnetischen Bauteils (17, 33) für einen Drehmomentsensor zum Erfassen eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgebrachten Drehmoments, durch Bereitstellen eines Blechelements aus einem ferromagnetischen Material, und durch Umformen des Blechelements zu dem ferromagnetischen Bauteil (17, 33), wobei als das ferromagnetische Material für das Blechelement ein Elektroblech verwendet wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines ferromagnetischen Bauteils für einen Drehmomentsensor zum Erfassen eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgebracht Drehmoments. Es wird ein Blechelement aus einem ferromagnetischen Material bereitgestellt, und das Blechelement wird dann zu dem ferromagnetischen Bauteil umgeformt. Die Erfindung betrifft außerdem einen Drehmomentsensor zum Erfassen eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgebracht Drehmoments, mit zumindest einem ferromagnetischen Statorteil, das zum Leiten von magnetischem Fluss von einem Magneten hin zu zumindest einem Flussleiter des Drehmomentsensors und hierdurch zu zumindest einem Magnetsensor ausgebildet ist.

[0002] Drehmomentsensoren zur Erfassung eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgebracht Drehmoments sind bereits Stand der Technik. Solche Drehmomentsensoren können beispielsweise bei elektrischen Lenksystemen eingesetzt werden. Ein Drehmomentsensor ist zum Beispiel aus dem Dokument US 2004/0194560 A1 sowie aus der Druckschrift DE 102 40 049 A1 bekannt. Die Drehmomentsensoreinrichtung ist dabei an zwei sich in axialer Richtung gegenüberliegenden Wellenteilen bzw. Teilwellen der Lenkwelle angebracht, welche über einen Torsionsstab miteinander verbunden sind. An dem ersten Wellenteil ist ein Magnet – etwa ein Ringmagnet – angeordnet, während auf dem anderen Wellenteil ein Halter mit einem magnetischen Stator angebracht ist, welcher dem Dauermagneten in radialer Richtung über einen kleinen Luftspalt gegenüberliegt. Über den Stator – welcher üblicherweise aus zwei separaten Statorteilen besteht – wird der magnetische Fluss des Magneten hin zu einem ersten und einem zweiten Flussleiter geleitet, welche dann den magnetischen Fluss an einen Magnetsensor – beispielsweise einen Hall-Sensor – abgeben. Der Magnetsensor befindet sich dabei zwischen den beiden Flussleitern.

[0003] Ein solcher Drehmomentsensor ist außerdem aus dem Dokument DE 10 2007 043 502 A1 bekannt.

[0004] Außerdem sind aus dem Stand der Technik auch Lenkwinkelsensoren bekannt, welche zur Erfassung des aktuellen Lenkwinkels der Lenkwelle dienen. Eine solche Einrichtung ist zum Beispiel aus dem Dokument DE 10 2008 011 448 A1 als bekannt zu entnehmen. Eine Drehbewegung der Lenkwelle wird hier über ein Getriebe auf ein kleineres Zahnrad übertragen, welches einen Magneten trägt. Die Rotation des kleineren Zahnrades wird dann mithilfe eines Magnetsensors erfasst.

[0005] Es sind auch kombinierte Sensoren bekannt, bei denen die Drehmomentsensoreinrichtung

einerseits sowie die Lenkwinkelsensoreinrichtung andererseits integral als eine gemeinsame Baueinheit ausgebildet sind. Eine solche Vorrichtung mit einem Drehmomentsensor und einem Drehwinkelsensor ist beispielsweise aus dem Dokument DE 10 2010 033 769 A1 bekannt.

[0006] Die bekannten Drehmomentsensoren weisen also einen Magnetkreis bestehend aus einem Ringmagneten, zwei Statorteilen mit jeweils einer umlaufenden Ringscheibe und mehreren Zahnelementen, wie auch aus zwei Flussleitern zur Konzentration des Magnetfelds auf einen Magnetfeldsensor auf. Sowohl die Statorteile als auch die Flussleiter sind dabei aus einem ferromagnetischen Material ausgebildet. An das ferromagnetische Material werden bei dieser sehr spezifischen Anwendung jedoch sehr hohe Anforderungen hinsichtlich der magnetischen Hysterese gestellt. Die Verwendung normaler Eisenwerkstoffe – wie beispielsweise Standardtieftziehqualität DC 04 – ist hier nicht möglich, sondern es sind spezielle weichmagnetische Legierungen notwendig, um eine ausreichend gute Kennlinie des Drehmomentsensors, insbesondere eine geringe Hysterese, zu erhalten. Die bekannten Legierungen, welche zur Herstellung der Statorteile und der Flussleiter verwendet werden, weisen üblicherweise einen Nickelanteil (Ni) von 30% bis 80% auf. Dies hat den Nachteil, dass diese Legierungen aufgrund des hohen Nickelpreises einen beträchtlichen Kostenfaktor darstellen und die Herstellung der Drehmomentsensoren somit im Vergleich zu anderen Fahrzeugbauteilen relativ teuer ist. Außerdem ist eine Eisen-Nickel-Legierung auch mit weiteren Nachteilen hinsichtlich der Herstellung und des Ausdehnungskoeffizienten verbunden.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zum Herstellen eines ferromagnetischen Bauteils für einen Drehmomentsensor einer Fahrzeuglenkwelle sowie einen verbesserten Drehmomentsensor vorzuschlagen.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren sowie durch einen Drehmomentsensor mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche, der Beschreibung und der Figuren.

[0009] Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient zum Herstellen eines ferromagnetischen Bauteils für einen Drehmomentsensor zum Erfassen eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgebracht Drehmoments. Es wird ein Blechelement aus einem ferromagnetischen Material bereitgestellt und zu dem ferromagnetischen Bauteil umgeformt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass als das ferromagnetische Material für das Blechelement ein Elektroblech ver-

wendet wird und das Blechelement somit aus Elektroblech bereitgestellt wird.

[0010] Anstatt eine Eisen-Nickel-Legierung für die Herstellung des ferromagnetischen Bauteils zu verwenden, wird erfindungsgemäß ein alternatives Material vorgeschlagen, nämlich das Elektroblech. Dieser weichmagnetische Werkstoff stellt eine Eisen-Silizium-Legierung dar, welche insbesondere einen Silizium-Anteil von 2% bis 4% aufweist. Die Erfindung basiert dabei auf der Erkenntnis, dass ein derartiges Elektroblech auch für die vorliegende Anwendung, nämlich für einen Drehmomentsensor einer Lenkwelle, besonders gut geeignet sein kann und außerdem auch Vorteile gegenüber einer Eisen-Nickel-Legierung aufweist. Es hat sich herausgestellt, dass gute weichmagnetische Eigenschaften auch mit einem solchen Elektroblech erzielt werden können, insbesondere mit einem nicht-kornorientierten und nicht-schlussgeglühten Elektroblech. Gegenüber einer Eisen-Nickel-Legierung weist ein Elektroblech insbesondere Vorteile hinsichtlich der Kosten, des Herstellungsaufwands und des Wärmeausdehnungskoeffizienten auf.

[0011] Als besonders geeignet für die vorliegende Anwendung haben sich so genannte nicht-kornorientierte (NGO) Elektrobleche erwiesen, welche sowohl in Walzrichtung als auch quer dazu gleichmäßige magnetische Eigenschaften besitzen. Dies ist bei einem Drehmomentsensor deshalb vorteilhaft, da solche Drehmomentsensoren rotationssymmetrisch sind und somit in vorteilhafter Weise gleichmäßige magnetische Eigenschaften aufweisen sollen. Dies wird nun durch den Einsatz eines nicht-kornorientierten Elektrobleches gewährleistet.

[0012] Es wird grundsätzlich zwischen so genannten schlussgeglühten und nicht-schlussgeglühten Elektroblechen als Halbzeuge unterschieden. Für die Herstellung von Elektromotoren oder Transformatoren werden im Stand der Technik meist schlussgeglühte Elektrobleche verwendet, die keine weitere Wärmebehandlung zur Erzeugung der geforderten weichmagnetischen Eigenschaften benötigen. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass für die Verwendung in einem Drehmomentsensor einer Lenkwelle diese weichmagnetischen Eigenschaften noch nicht ausreichend sind. Aus diesem Grund wird in einer Ausführungsform vorgeschlagen, ein nicht-schlussgeglühtes Elektroblech (semi-processed) einzusetzen, welches vorzugsweise nach der Formgebung bzw. nach dem Umformen zum ferromagnetischen Bauteil einer Wärmebehandlung unterzogen werden kann. Dies führt zu sehr guten Ergebnissen hinsichtlich der weichmagnetischen Eigenschaften des Drehmomentsensors und insbesondere zu einer relativ geringen magnetischen Hysterese.

[0013] In einer Ausführungsform ist also vorgesehen, dass nach dem Umformen des Blechelements zu dem ferromagnetischen Bauteil ein Glühprozess des Bauteils durchgeführt wird. Diese Ausführungsform beruht auf der Erkenntnis, dass für die Verwendung in einem Drehmomentsensor die weichmagnetischen Eigenschaften des Elektroblechs noch nicht hundertprozentig ausreichend sind. Eine besonders gute magnetische Hysterese wird erst durch diese Wärmebehandlung des Bauteils möglich.

[0014] In diesem Zusammenhang hat sich eine Standardglühung bei Temperaturen kleiner als 840°C auch als nicht ausreichend erwiesen. Wesentlich bessere weichmagnetische Eigenschaften können hier durch Glühen des Bauteils bei deutlich höheren Temperaturen größer als 850°C erreicht werden, insbesondere aus einem Wertebereich von 850°C bis 1250°C, noch bevorzugter bei einer Temperatur von 1100°C bis 1150°C.

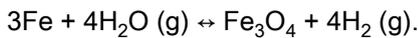
[0015] Hierbei hat es sich des Weiteren als vorteilhaft erwiesen, wenn dieser Glühprozess bzw. die Wärmebehandlung des Bauteils länger als zwei Stunden, insbesondere länger als drei Stunden, durchgeführt wird. Die Zeitdauer des Glühprozesses kann beispielsweise vier Stunden oder fünf Stunden betragen. Dies verbessert weiterhin die weichmagnetischen Eigenschaften des Drehmomentsensors.

[0016] Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn der Glühprozess des Bauteils unter einer entkohlenden Atmosphäre durchgeführt wird, insbesondere einer entkohlenden Wasserstoffatmosphäre. Dadurch kann dem Bauteil Kohlenstoff entzogen werden, was weiterhin die weichmagnetischen Eigenschaften und insbesondere die magnetische Hysterese verbessert.

[0017] Nach dem Glühprozess findet vorzugsweise ein Abkühlvorgang des Bauteils statt. Während dieses Abkühlvorgangs wird vorzugsweise ein Oxidationsprozess des Bauteils durchgeführt. Elektrobleche beginnen nämlich bereits bei einer geringeren Feuchtigkeitsbelastung zu korrodieren. Deshalb ist auch bei Einbau des Bauteils in ein abgedichtetes Gehäuse ein Korrosionsschutz notwendig. Hierbei haben sich die üblichen Beschichtungsverfahren, wie beispielsweise Lackieren oder eine galvanische Schutzschicht, als nachteilig erwiesen, da diese Verfahren mit zusätzlichen Arbeitsschritten mit den damit verbundenen Nachteilen verbunden sind. Aus diesem Grund wird bei dieser Ausführungsform eine gezielte Oxidation des Bauteils während des Abkühlvorgangs, d. h. unmittelbar nach dem Glühen, vorgeschlagen. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass die Oxidation des Bauteils gleichzeitig mit dem Abkühlvorgang durchgeführt wird und somit die Herstellungsdauer des Bauteils nicht beeinflusst wird. Es sind somit keine zusätzlichen Arbeitsschritte für den Korrosionsschutz notwendig.

[0018] Der Oxidationsprozess wird bevorzugt bei einer Temperatur des Bauteils kleiner als 600°C, insbesondere kleiner als 550°C, durchgeführt. Gerade bei dieser Temperatur haben sich die optimalen weichmagnetischen Eigenschaften des Bauteils bereits eingestellt.

[0019] Eine praktische Realisierung des Oxidationsprozesses besteht darin, dass der Taupunkt der Schutzgasatmosphäre durch Zumischen von Wasserdampf deutlich erhöht wird. Es bildet sich dann eine dichte Oxidschicht aus Magnetit auf dem Bauteil, die einen ausreichenden Schutz gegen Korrosion gewährleistet. Die diesbezügliche Reaktionsgleichung lautet:



[0020] Insbesondere bei einem Durchlaufofen kann dieser Oxidationsprozess sehr günstig in der Abkühlzone integriert werden, sodass kein zusätzliches Handtieren bzw. keine zusätzliche Handhabung der Bauteile erfolgen muss. Außerdem kann hier die Restwärme genutzt werden, sodass die Bauteile nicht erneut erwärmt zu werden brauchen.

[0021] Also kann der Glühprozess in einem Durchlaufofen durchgeführt werden. Die Verwendung eines Durchlaufofens hat neben dem bereits genannten Vorteil der Handhabung und des Vorhandenseins von Restwärme zusätzlich auch den Vorteil, dass durch Vorsehen einer geeigneten Gasführung eine Atmosphärentrennung zwischen dem Glühbereich mit niedrigem und dem Oxidationsbereich mit hohem Taupunkt ohne viel Aufwand ermöglicht werden kann.

[0022] Als Bauteil für den Drehmomentsensor wird vorzugsweise ein Statorteil zum Leiten von magnetischem Fluss hergestellt, welches eine Ringscheibe und eine Vielzahl von in Umfangsrichtung der Ringscheibe verteilt angeordneten und von der Ringscheibe in axialer Richtung abstehenden bzw. abgeboigten Zahnelementen aufweist.

[0023] Diese Statorteile werden üblicherweise aus einem Bandmaterial mittels Stanzbiegens hergestellt. Das Umformen wird hier also durch das Stanzbiegen realisiert. Allerdings hat sich nun herausgestellt, dass die am besten geeigneten Elektrobleche relativ spröde sind. Um das Risiko des Reißens beim Biegen der Zahnelemente zu verringern, wird in einer Ausführungsform vorgeschlagen, dass beim Umformen des Blechelements zu dem Statorteil ein Biegen der Zahnelemente mit einem relativ großen Biegeradius durchgeführt wird, nämlich von 0,8 mm bis 2 mm.

[0024] Ergänzend oder alternativ kann als Bauteil für den Drehmomentsensor auch ein Flussleiter hergestellt werden, welcher zum Leiten von magneti-

chem Fluss von dem Statorteil zu einem Magnetsensor dient. Mittels dieses Flussleiters wird das Magnetfeld also auf den Magnetsensor konzentriert.

[0025] Die Erfindung kann auch ein Verfahren zum Herstellen eines Drehmomentsensors selbst betreffen, bei welchem für den Drehmomentsensor zunächst ein Bauteil nach dem oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird und anschließend der Drehmomentsensor unter Verwendung dieses Bauteils montiert wird. Der Drehmomentsensor ist zum Erfassen eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgebracht Drehmoments ausgebildet.

[0026] Die Erfindung betrifft außerdem einen Drehmomentsensor zum Erfassen eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgebracht Drehmoments, mit zumindest einem ferromagnetischen Statorteil, das zum Leiten von magnetischem Fluss von einem Magneten hin zu zumindest einem Flussleiter des Drehmomentsensors und durch den Flussleiter zu zumindest einem Magnetsensor ausgebildet ist. Der Flussleiter dient zum Konzentrieren des magnetischen Flusses an dem Magnetsensor. Erfindungsgemäß ist das Statorteil und/oder der Flussleiter aus Elektroblech ausgebildet.

[0027] Die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren vorgestellten bevorzugten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend für den erfindungsgemäßen Drehmomentsensor.

[0028] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Alle vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder aber in Alleinstellung verwendbar.

[0029] Die Erfindung wird nun anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

[0030] Es zeigen:

[0031] Fig. 1 in schematischer Explosionsdarstellung eine integrierte Vorrichtung für ein Kraftfahrzeug mit einem Drehmomentsensor und einem Lenkwinkelsensor;

[0032] Fig. 2 in vergrößerter Darstellung einen Bereich der Vorrichtung gemäß Fig. 1;

[0033] Fig. 3 in vergrößerter Darstellung einen weiteren Bereich der Vorrichtung gemäß Fig. 1; und

[0034] Fig. 4 ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0035] Eine in Fig. 1 dargestellte und insgesamt mit 1 bezeichnete Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst sowohl einen Drehmomentsensor als auch einen Lenkwinkelsensor. Der Drehmomentsensor dient zum Messen eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgetragenen Drehmoments. Der Lenkwinkelsensor dient zur Erfassung des aktuellen Lenkwinkels der Lenkwelle. Die Vorrichtung 1 ist als eine integrale Baueinheit ausgebildet, so dass eine integrale Sensorvorrichtung geschaffen wird, welche sowohl zur Erfassung des Drehmoments als auch zum Messen des Lenkwinkels ausgebildet ist.

[0036] Die Lenkwelle des Fahrzeugs beinhaltet zwei Wellenteile, welche über einen in den Fig. nicht dargestellten Torsionsstab miteinander verbunden sind. An einem der Wellenteile wird ein Halter 2 drehfest angebracht, während an dem anderen Wellenteil ein in den Fig. nicht dargestellter Magnet – nämlich Permanentmagnet beispielsweise in Form eines Ringmagneten – drehfest gehalten ist. Der Halter 2 kann ein einstückig ausgebildetes Kunststoffteil und/oder ein Gussbauteil sein. Optional kann der Halter 2 auch mit einer Hülse 47, zum Beispiel aus Metall, oder aber anderen Befestigungselementen wie Laschen, Haken, Clipsen und dergleichen versehen sein, um den Halter 2 an dem zugeordneten Wellenteil zu befestigen.

[0037] Die Komponenten des Drehmomentsensors sind im Wesentlichen: der genannte Permanentmagnet, ein magnetischer Stator 11 mit zwei gleichen Statorteilen 10, 17, zwei Flussleiter 32, 33 sowie ein Magnetsensor 27, der an einer Leiterplatte 28 platziert ist. Zum Lenkwinkelsensor gehören hingegen: zwei Magnetfelddetektoren bzw. Magnetsensoren 29, 30, ein Getriebe 37 mit Drehübertragungselementen, welche als Zahnräder 38, 39, 40 ausgebildet sind, sowie ein Rotor 15, der an den Halter 2 angespritzt ist.

[0038] Der Halter 2 umfasst, wie insbesondere aus Fig. 2 hervorgeht, zwei axial nebeneinander angeordnete zylindrische Bereiche, nämlich einerseits einen ersten zylindrischen axialen Bereich 3 sowie einen in axialer Richtung versetzt angeordneten sowie konzentrisch zum ersten Bereich 3 liegenden und einen etwas geringeren Durchmesser aufweisenden zweiten axialen Bereich 4. Der erste axiale Bereich 3 ist über eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten, strebenförmigen bzw. speichenförmigen Verbindungselementen 5 mit dem zweiten axialen Bereich 4 verbunden. Zwischen den Verbindungselementen 5 sind radiale Aussparungen 6 ausgebildet, welche Durchgangsöffnungen sind.

[0039] Der erste axiale Bereich 3 hat zwei axiale Randkanten, nämlich einerseits eine erste äußere Randkante 7 sowie andererseits eine zweite axiale Randkante 8, welche dem zweiten axialen Bereich 4 zugewandt ist.

[0040] An der ersten axialen Randkante 7 sind eine Vielzahl von axialen Stiften bzw. Bolzen 9 ausgebildet, welche als axiale Fortsätze in axialer Richtung parallel zueinander von der Kante 7 abstehen. Über diese Stifte 9 wird der Halter 2 mit einem ersten Statorteil 10 des insgesamt mit 11 bezeichneten Stators verbunden.

[0041] Zur Vorrichtung 1 gehört außerdem ein Gehäuse 12, welches zusätzlich auch die Funktion eines Gleitstücks aufweist. Das Gehäuse 12 hat eine innere Hülse 13, welche ringförmig umlaufend ausgebildet ist und in welche der erste axiale Bereich 3 des Halters 2 aufgenommen wird, so dass der äußere Umfang des ersten Bereiches 3 des Halters 2 an einem inneren Umfang der Hülse 13 gleiten kann. Dabei wird der erste axiale Bereich 3 des Halters 2 in die Hülse 13 bis hin zu einem Flansch 14 des Halters 2 eingesteckt, welcher durch einen Rotor 15 mit einer Zahnstruktur 16 gebildet ist. Der Rotor 15 mit der Zahnstruktur 16 ist dabei an dem ersten axialen Bereich 3 angespritzt.

[0042] Neben dem ersten Statorteil 10 weist der Stator 11 zusätzlich auch ein zweites Statorteil 17 auf. Jedes Statorteil 10, 17 ist jeweils einstückig ausgebildet und weist ein ringförmiges, flanschartiges und sich in radialer Richtung nach außen erstreckendes Randelement 18 bzw. 19 auf, wie auch eine Vielzahl von Zahnelementen 20 bzw. 21. Die Zahnelemente 20, 21 stehen von dem jeweiligen Randelement 18, 19 in axialer Richtung ab, und zwar in Richtung zum ersten axialen Bereich 3 des Halters 2 hin. Die Zahnelemente 20, 21 erstrecken sich somit in axialer Richtung etwa parallel zu einer Drehachse der Lenkwelle. Die beiden Statorteile 10, 17 sind dabei gleich ausgebildet, so dass auch die Anzahl der Zahnelemente 20 des ersten Statorteils 10 gleich der Anzahl der Zahnelemente 21 des zweiten Statorteils 17 ist.

[0043] Zur Befestigung des Stators 11 an dem Halter 2 wird einerseits das Statorteil 17 auf den zweiten axialen Bereich 4 des Halters 2 aufgesteckt, so dass die Zahnelemente 21 durch die Aussparungen 6 zwischen den Verbindungselementen 5 axial hindurch gesteckt und an einem Innenumfang des ersten axialen Bereiches 3 des Halters 2 abgestützt werden. Nach dem Aufstecken des Statorteils 17 auf den zweiten Bereich 4 des Halters 2 sind die Zahnelemente 21 im Inneren des ersten axialen Bereiches 3 des Halters 2 angeordnet, so dass lediglich das Randelement 19 radial nach außen hin absteht und an der axialen Randkante 8 des ersten axialen Bereiches 3 des Halters 2 axial abgestützt ist.

[0044] Beim Aufstecken des Statorteils **17** auf den zweiten axialen Bereich **4** des Halters **2** werden an den Verbindungselementen **5** im Bereich der Randkante **8** ausgebildete Stifte **22** des ersten axialen Bereiches **3** in korrespondierende Durchgangsöffnungen **23** aufgenommen und durch diese Durchgangsöffnungen **23** hindurch gesteckt, welche in dem Randelement **19** des Statorteils **17** ausgebildet sind. Diese Durchgangsöffnungen **23** sind in jeweiligen Laschen **24** ausgebildet, welche in Richtung zum Zentrum des Stators **11** radial nach innen hin abstehen bzw. zum Zentrum hin zeigen. Zwischen jeweils zwei benachbarten Zahnelementen **21** ist dabei jeweils eine solche Lasche **24** mit einer Durchgangsöffnung **23** vorgesehen.

[0045] Nach Aufstecken des Statorteils **17** auf den zweiten axialen Bereich **4** des Halters **2** und somit nach Aufnehmen der Stifte **22** in die Durchgangsöffnungen **23** können die freien Enden der Stifte **22** umgeformt und somit zu Nietköpfen verarbeitet werden, um einen sicheren Sitz des Statorteils **17** an dem Halter **2** zu gewährleisten.

[0046] Das andere Statorteil **10** wird an dem Halter **2** derart befestigt, dass die Zahnelemente **20** in das Innere des ersten axialen Bereiches **3** des Halters **2** von der dem Statorteil **17** gegenüberliegenden axialen Stirnseite des Halters **2** bzw. von der Seite der Randkante **7** eingesteckt werden. Dabei gleiten die Zahnelemente **20** an dem Innenumfang des zylindrischen Bereiches **3**. Im zusammengebauten Zustand befinden sich die Zahnelemente **20** jeweils zwischen zwei benachbarten Zahnelementen **21** des anderen Statorteils **17** und liegen an dem Innenumfang des Bereichs **3** an. Auch das Statorteil **10** weist eine Vielzahl von Laschen **25** auf, in denen jeweils eine Durchgangsöffnung **26** ausgebildet ist. Durch diese Durchgangsöffnungen **26** werden die korrespondierenden Stifte **9** hindurch gesteckt, die an der Randkante **7** des Halters **2** ausgebildet sind. Die freien Enden dieser Stifte **9** werden zu Nietköpfen umgeformt und somit eine sichere Befestigung des Statorteils am Halter **2** gewährleistet.

[0047] Grundsätzlich können die beiden Statorteile **10**, **17** auf verschiedenste Arten an dem Halter **2** fixiert werden. Die Kombination aus Stiften **9** bzw. **22** und Durchgangsöffnungen **26** bzw. **23** stellt lediglich eine beispielhafte Ausführungsform dar. Es ist beispielsweise auch möglich, die Statorteile **10**, **17** an dem Halter **2** über Halteringe zu fixieren, welche per Laserschweißen oder aber Ultraschallschweißen an dem Halter **2** fixiert werden.

[0048] Der Drehmomentsensor weist einen Magnetsensor **27** auf, welcher auf einer Leiterplatte **28** angeordnet ist. Der Magnetsensor **27** ist beispielsweise als elektronisches SMD-Bauelement ausgebildet, welches mittels lötfähiger Anschlussflächen direkt auf die

Leiterplatte **28** gelötet wird. Die entsprechende Technik wird als „Oberflächenmontage“ (Surface-Mounting-Technology) bezeichnet. Die Leiterplatte **28** ist eine gemeinsame Platine sowohl für den Magnetsensor **27** des Drehmomentsensors als auch für Bauelemente des Lenkwinkelsensors. An der Leiterplatte **28** sind nämlich auch Magnetfelddetektoren bzw. Sensorelemente **29**, **30** des Lenkwinkelsensors angeordnet, welche ebenfalls als SMD-Bauelemente ausgebildet sind.

[0049] Zum Verschließen des Gehäuses **12** umfasst die Vorrichtung **1** einen Deckel **31**.

[0050] Die Vorrichtung **1** umfasst außerdem im Ausführungsbeispiel zwei Flussleiter **32**, **33**, welche zum Drehmomentsensor gehören. Die beiden Flussleiter **32**, **33** werden einerseits an dem Deckel **31** und andererseits am Gehäuse **12** befestigt. Der Deckel **31** weist dazu zwei Stifte **34** auf, welche durch korrespondierende Durchgangsöffnungen **35** im Flussleiter **32** hindurch gesteckt werden. Entsprechende Stifte sind auch auf der Seite des Gehäuses **12** für den zweiten Flussleiter **33** bereitgestellt. Durch Umformung der Stifte **34** können Nietköpfe gebildet werden, welche eine wirkungsvolle und betriebssichere Fixierung der Flussleiter **32**, **33** an dem Deckel **31** bzw. dem Gehäuse **12** gewährleisten.

[0051] Das Gehäuse **12** weist eine Aufnahme **36** auf, in welche sowohl die Leiterplatte **28** mit den Bauelementen **27**, **29**, **30** als auch ein Zahnradgetriebe **37** der Lenkwinkelsensoreinrichtung aufgenommen werden können. Das Zahnradgetriebe **37** hat zwei Zahnräder **38**, **39**, deren Zähne in jene des Rotors **15** greifen und auf diese Weise mit dem Rotor **15** bzw. dem Halter **2** drehbar gekoppelt sind. Im Zahnrad **38** ist ein Permanentmagnet angeordnet. Die Rotationsachse des Zahnrads **38** ist dabei parallel zur Drehachse der Lenkwelle. Ein zweites Teilsensorsystem der Lenkwinkelsensoreinrichtung umfasst das Zahnrad **39**, welches als Zwischenzahnrad mit einem Antriebszahnrad bzw. Ritzel **40** drehbar gekoppelt ist. Das Antriebszahnrad **40** enthält wiederum einen Permanentmagneten. Die Zahnräder **38**, **39**, **40** werden in der Aufnahme **36** des Gehäuses **12** untergebracht und darin drehbar gelagert. In der Aufnahme **36** ist eine Innenverzahnung vorhanden, an der das Antriebszahnrad **40** entlang einer Zykloide abrollen kann. Die Bohrung des Zahnrads **39** ist hierzu exzentrisch ausgebildet. Die Leiterplatte **28** und der Deckel **31** sind gegenstückig zur Aufnahme **36** ausgebildet und schließen das Getriebe **37** von oben her ein. Die Magnetfelddetektoren **29**, **30** sind im Ausführungsbeispiel Hall-Sensoren. Die Magnetfelddetektoren **29**, **30** kommen gegenüber den Permanentmagneten der Zahnräder **40** bzw. **38** zu liegen. Sie stehen dabei senkrecht zur Rotationsachse der Zahnräder **38**, **39**. Der Magnetfelddetektor **29** kommt auf der Drehachse des Zahnrads **39** zu liegen, während der

Magnetfelddetektor **30** senkrecht zur Drehachse des Zahnrads **38** sitzt.

[0052] In typischen Fahrzeuglenkungen wird ein Bereich von fünf bis sieben vollen Umdrehungen der Lenkwelle eindeutig erfasst. Um auch bei mehr als einer vollen Umdrehung der Lenkwelle den absoluten Drehwinkel eindeutig zu bestimmen, werden zwei Baugruppen eingesetzt. Die eine Baugruppe bildet einen Umdrehungssensor (Revolution Sensor) und umfasst die Zahnräder **39, 40** und den Magnetfelddetektor **29**. Es wird beispielsweise ein Übersetzungsverhältnis von Rotor **15** zu Zahnrad **40** von 6:1 gewählt. Die andere Baugruppe dient der Feinbestimmung des Drehwinkels (Angle Sensor) und umfasst im Wesentlichen das Zahnrad **38** mit seinem Permanentmagneten sowie den Magnetfelddetektor **30**. Für das Übersetzungsverhältnis von Rotor **15** zu Zahnrad **38** wird beispielsweise ein Wert von 1:3 gewählt. Aus den beiden mit den Magnetfelddetektoren **29, 30** gemessenen Zahnradwinkeln kann dann in bekannter Weise über das Nonius-Prinzip der Drehwinkel der Lenkwelle unmittelbar berechnet werden. Geeignete Berechnungsverfahren hierfür sind aus dem Stand der Technik bekannt und beispielsweise in der DE 195 06 938 A1 und DE 199 62 241 A1 offenbart.

[0053] Alternativ kann auch ein „kleiner Nonius“ für das Übersetzungsverhältnis gewählt werden, um den aktuellen Lenkwinkel bestimmen zu können. Es kann dabei auf das Zahnrad **40** verzichtet werden, und die beiden Zahnräder **38, 39** können mit jeweils einem Magneten versehen werden. Die Zahnräder **38, 39** weisen dann unterschiedliche Anzahl von Zähnen auf, sodass sich auf den vollen Lenkwinkelbereich von 5 bis 7 Umdrehungen der Lenksäule beispielsweise das Zahnrad **39** einmal öfter als das Zahnrad **38** dreht. Auch somit kann auf den tatsächlichen Lenkwinkel zurückgeschlossen werden.

[0054] In den Deckel **31** kann auch ein Stecker **41** integriert sein, über welchen die Bauelemente **27, 29, 30** an ein externes Steuergerät elektrisch angeschlossen werden können. Über den Stecker **41** wird also eine elektrische Verbindung zwischen der Vorrichtung **1** einerseits und einem Steuergerät andererseits bereitgestellt.

[0055] Werden die Flussleiter **32, 33** an dem Deckel **31** bzw. dem Gehäuse **12** befestigt, so erstrecken sich die Flussleiter **32, 33** in radialer Richtung und somit parallel zu den Randelementen **18, 19**. Die beiden Flussleiter **32, 33** sind dabei auf einander gegenüberliegenden axialen Seiten der Leiterplatte **28** angeordnet, wobei zumindest einer der Flussleiter **32, 33** auch axial zwischen den Randelementen **18, 19** liegt. Der Flussleiter **32** liegt dabei in einem geringen Abstand zum Randelement **18**, während der zweite Flussleiter **33** in einem geringen Abstand zum Randelement **19** angeordnet ist.

[0056] Nun richtet sich das Interesse auf die Herstellung der weichmagnetischen bzw. ferromagnetischen Bauteile, nämlich der Statorteile **10, 17** einerseits sowie der Flussleiter **32, 33** andererseits. Ein Verfahren zum Herstellen dieser Bauteile **10, 17, 32, 33** wird nun unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm gemäß **Fig. 4** näher erläutert. Gemäß Schritt S1 wird ein Elektrolech in Form eines Bandmaterials als Halbzeug bereitgestellt. Das Elektrolech ist ein nicht-schlussgeglühtes sowie nicht-kornorientiertes Elektrolech. In einem weiteren Schritt S2 wird von dem Bandmaterial ein Blechelement mithilfe eines geeigneten Trennverfahrens abgetrennt, zum Beispiel durch Schneiden. In einem weiteren Schritt S3 erfolgt ein Umformprozess: Das Blechelement wird zu dem Bauteil **10, 17, 32, 33** umgeformt. Das Umformen erfolgt beispielsweise mittels Stanzbiegens. Hierbei wird insbesondere bei den Statorteilen **10, 17** darauf geachtet, dass beim Biegen der Zahnelemente **20, 21** ein entsprechender Biegeradius eingestellt wird, nämlich von 0,8 mm bis 2 mm. Dies kann auch für die beiden Flussleiter **32, 33** gelten.

[0057] Die Bauteile **10, 17, 32, 33** werden dann in einem weiteren Schritt S4 einem Durchlaufofen zugeführt. In einem Schritt S5 wird zunächst ein Glühprozess bei einer Temperatur von beispielsweise 1150°C und einer entsprechend langen Dauer bis zu mehreren Stunden und gleichzeitig einer entkohlenden Wasserstoffatmosphäre durchgeführt. Dieser Glühprozess der Bauteile **10, 17, 32, 33** kann beispielsweise vier oder fünf Stunden dauern. In einem weiteren Schritt S6 erfolgt im Anschluss an das Glühen ein Abkühlen der Bauteile **10, 17, 32, 33**. Während des Abkühlvorgangs wird ein Oxidationsprozess durchgeführt, indem beispielsweise Wasserdampf zugeführt wird. Hier findet folgende Reaktion statt:



[0058] Der Oxidationsprozess wird dabei vorzugsweise erst dann eingeleitet, wenn die Temperatur der Bauteile **10, 17, 32, 33** zum Beispiel 550°C unterschreitet. Das Verfahren endet dann in einem Schritt S7.

[0059] Das Verfahren kann insgesamt folgendermaßen zusammengefasst werden: Anstatt des teuren Nickelmaterials soll für die Statoren ein preiswerteres FeSi-Material aus dem Elektrolechsektor verwendet werden. Geeignet sind so genannte nicht-kornorientierte (NGO) Elektroleche, welche sowohl in Walzrichtung als auch quer dazu gleichmäßige magnetische Eigenschaften besitzen. Dies ist vorteilhaft, da die Statoren rotationssymmetrisch sind.

[0060] Solche NGO-Elektrobleche sind in unterschiedlichen Dicken und magnetischen Qualitäten weit verbreitet für die Herstellung von Elektromotoren oder Transformatoren. Hier werden meist so genannte schlussgeglühte Qualitäten verwendet (fully processed), die keine weitere Wärmebehandlung zur Erzeugung der geforderten weichmagnetischen Eigenschaften brauchen. Für die Verwendung in einem Drehmomentsensor sind diese jedoch noch nicht ausreichend. Eine Alternative sind nicht-schlussgeglühte Elektrobleche (semi-processed), die nach der Formgebung einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Typischerweise erfolgt diese bei Temperaturen kleiner als 840°C. Die bei dieser Standardglühung erreichbaren weichmagnetischen Eigenschaften sind jedoch ebenfalls noch nicht ausreichend. Wesentlich bessere weichmagnetische Eigenschaften können durch Glühen bei deutlich höheren Temperaturen von bis zu 1150°C, einer entsprechend langen Dauer bis zu mehreren Stunden und gleichzeitig einer entkohlenden Wasserstoffatmosphäre mit sehr niedrigem Taupunkt erreicht werden. Der Glühprozess kann entweder chargenweise in einem Haubenofen oder kontinuierlich in einem Durchlaufofen erfolgen. Die besten weichmagnetischen Eigenschaften werden durch Wahl eines Halbzeugs mit niedrigem Wattverlust erzielt. Der für die Hysterese des Drehmomentsensors wichtige Parameter Koerzitivfeldstärke kann deutlich unter 25 A/m liegen, was wesentlich unter dem üblichen Wert für die Standardanwendungen liegt.

[0061] Die Statoren werden üblicherweise aus Bandmaterial mittels Stanzbiegens hergestellt. Allerdings sind die am besten geeigneten Elektrobleche eher spröde. Um das Risiko des Reißens beim Biegen der Finger zu verringern, ist ein entsprechend großer Biegeradius notwendig. Dies erschwert auch, den Rand des Stators zu kröpfen oder zu profilieren. Ein flacher Rand des Stators ist also vorzuziehen.

[0062] Elektrobleche beginnen bereits bei geringer Feuchtigkeitsbelastung zu korrodieren. Deshalb ist auch bei Einbau in gedichtete Gehäuse ein Korrosionsschutz notwendig. Die üblichen Beschichtungsverfahren wie Lackieren oder eine galvanische Schutzschicht sind zusätzliche Arbeitsschritte mit entsprechenden Kosten und scheiden deshalb aus. Vorgeschlagen wird eine gezielte Oxidation der Bauteile während der Abkühlphase, also nach dem Glühen auf optimale weichmagnetische Eigenschaften, typischerweise im Temperaturbereich unter 550°C. Dazu wird der Taupunkt der Schutzgasatmosphäre deutlich erhöht (durch Zumischen von Wasserdampf). Es bildet sich eine dicke Oxidschicht bzw. Passivierungsschicht aus Magnetit auf dem Eisenblech, die einen ausreichenden Schutz der Bauteile gegen Korrosion bietet.

[0063] Insbesondere bei einem Durchlaufofen kann dieser Schritt günstig in der Abkühlzone integriert werden, sodass kein zusätzliches Hantieren der Bauteile erfolgen muss. Außerdem kann die Restwärme genutzt werden und es muss nicht nochmals erwärmt werden. Eine geeignete Gasführung sorgt dabei für eine Atmosphärentrennung zwischen dem Glühbereich mit niedrigem und dem Oxidationsbereich mit hohem Taupunkt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2004/0194560 A1 [0002]
- DE 10240049 A1 [0002]
- DE 102007043502 A1 [0003]
- DE 102008011448 A1 [0004]
- DE 102010033769 A1 [0005]
- DE 19506938 A1 [0052]
- DE 19962241 A1 [0052]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines ferromagnetischen Bauteils (**10**, **17**, **32**, **33**) für einen Drehmomentsensor zum Erfassen eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgebrachten Drehmoments, mit den Schritten:

- Bereitstellen eines Blechelements aus einem ferromagnetischen Material und
- Umformen des Blechelements zu dem ferromagnetischen Bauteil (**10**, **17**, **32**, **33**),
dadurch gekennzeichnet, dass als das ferromagnetische Material für das Blechelement ein Elektroblech verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Blechelement aus einem nicht-kornorientierten Elektroblech bereitgestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Blechelement aus einem nicht-schlussgeglühten Elektroblech bereitgestellt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Umformen ein Glühprozess des Bauteils (**10**, **17**, **32**, **33**) durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Glühprozesses das Bauteil (**10**, **17**, **32**, **33**) einer Temperatur größer als 850°C ausgesetzt wird, insbesondere größer als 1100°C, bevorzugt einer Temperatur von 1100°C bis 1150°C.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Glühprozess des Bauteils (**10**, **17**, **32**, **33**) länger als 2 Stunden, insbesondere länger als 3 Stunden, durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Glühprozess des Bauteils (**10**, **17**, **32**, **33**) unter einer entkohlenden Atmosphäre durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass während eines Abkühlvorgangs nach dem Glühprozess ein Oxidationsprozess bzw. Passivierungsprozess des Bauteils (**10**, **17**, **32**, **33**) durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Oxidationsprozess bzw. Passivierungsprozess bei einer Temperatur des Bauteils (**10**, **17**, **32**, **33**) kleiner als 600°C, insbesondere kleiner als 550°C, durchgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Oxidationsprozess bzw.

Passivierungsprozess durch Zuführen von Wasserdampf durchgeführt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Glühprozess in einem Durchlaufofen durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Bauteil (**10**, **17**, **32**, **33**) für den Drehmomentsensor ein Statorteil (**10**, **17**) zum Leiten von magnetischem Fluss hergestellt wird, welches eine Ringscheibe (**18**, **19**) und eine Vielzahl von in Umfangsrichtung der Ringscheibe (**18**, **19**) verteilt angeordneten und von der Ringscheibe (**18**, **19**) in axialer Richtung abstehenden Zahnelementen (**20**, **21**) aufweist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Umformen des Blechelements zu dem Statorteil (**10**, **17**) ein Biegen der Zahnelemente (**20**, **21**) mit einem Biegeradius von 0,8 mm bis 2 mm durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Bauteil (**10**, **17**, **32**, **33**) für den Drehmomentsensor ein Flussleiter (**32**, **33**) zum Leiten von magnetischem Fluss von einem Statorteil (**10**, **17**) zu einem Magnetsensor (**27**) hergestellt wird.

15. Drehmomentsensor zum Erfassen eines auf eine Lenkwelle eines Kraftfahrzeugs aufgebrachten Drehmoments, mit zumindest einem ferromagnetischen Statorteil (**10**, **17**), das zum Leiten von magnetischem Fluss von einem Magneten hin zu zumindest einem Flussleiter (**32**, **33**) des Drehmomentsensors und hierdurch zu zumindest einem Magnetsensor (**27**) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Statorteil (**10**, **17**) und/oder der Flussleiter (**32**, **33**) aus Elektroblech ausgebildet ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

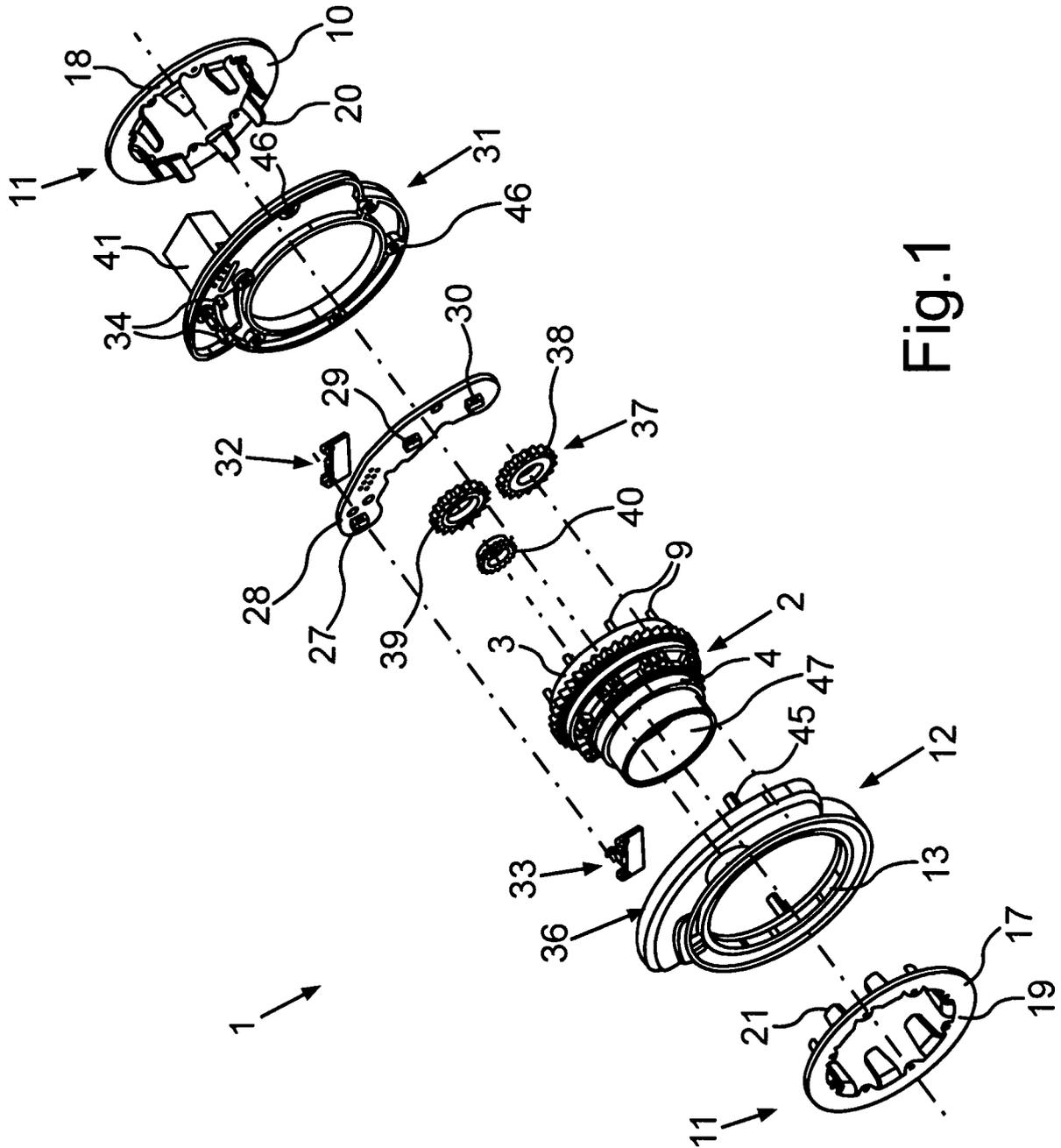


Fig.1

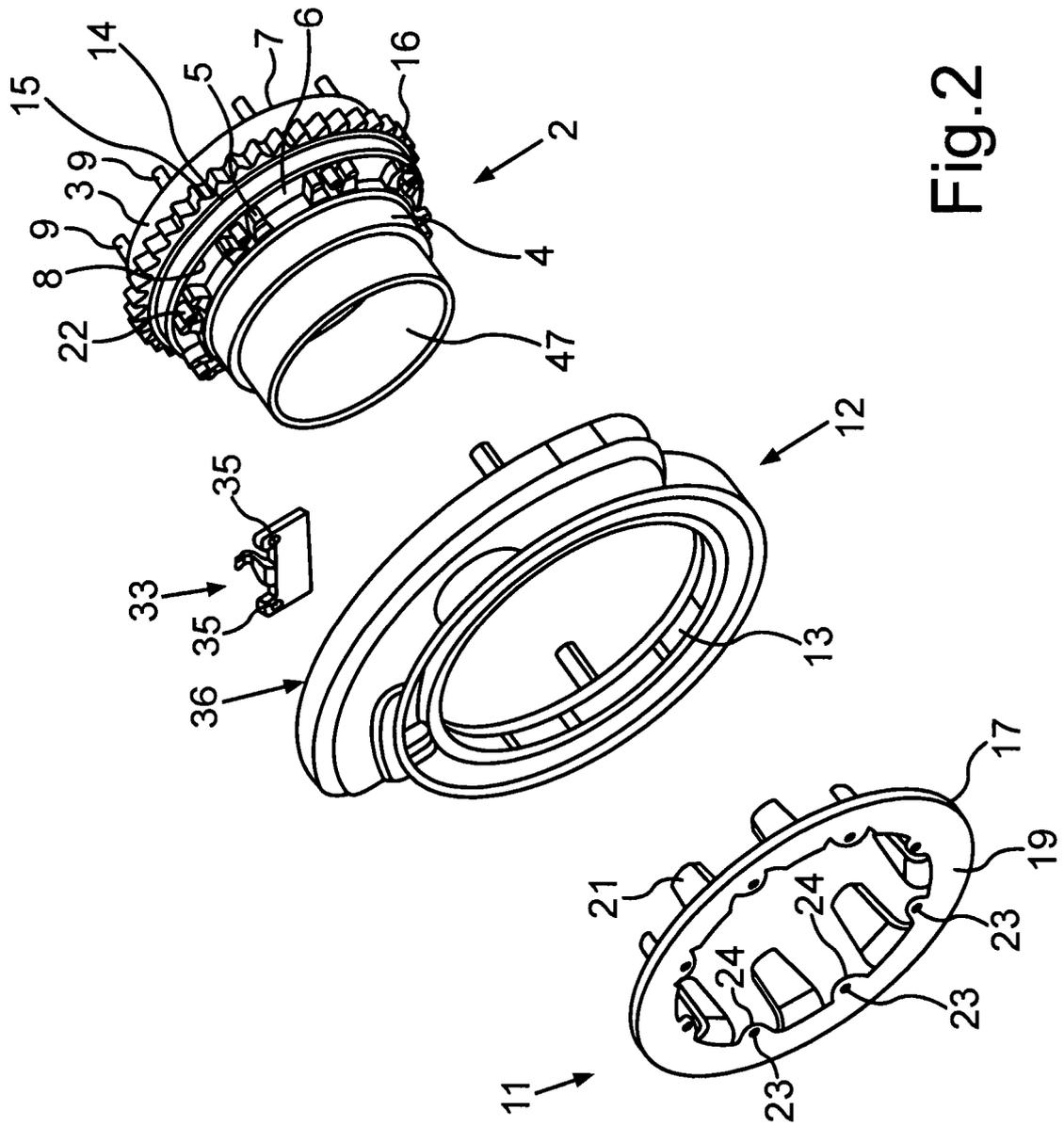


Fig.2

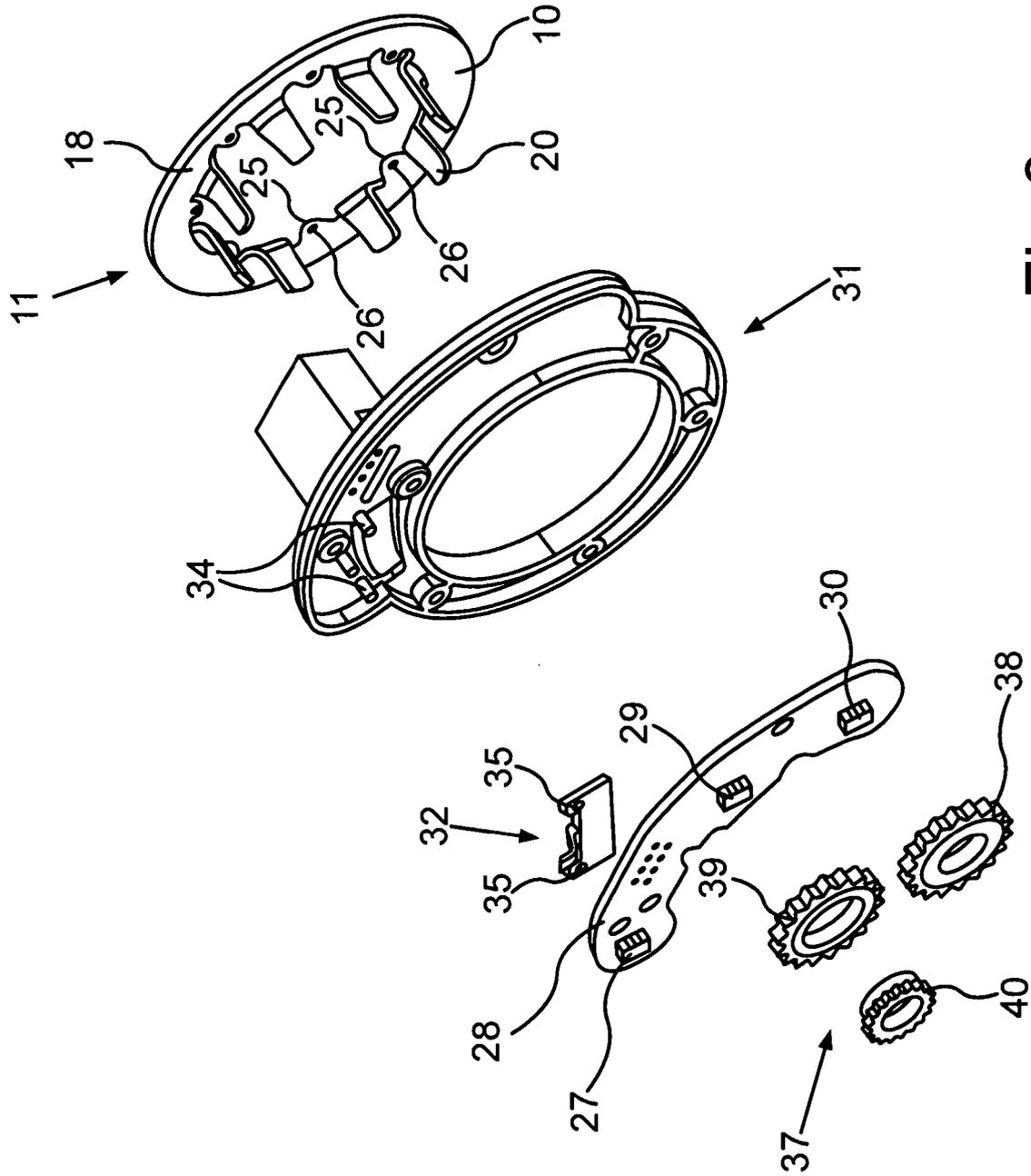


Fig.3

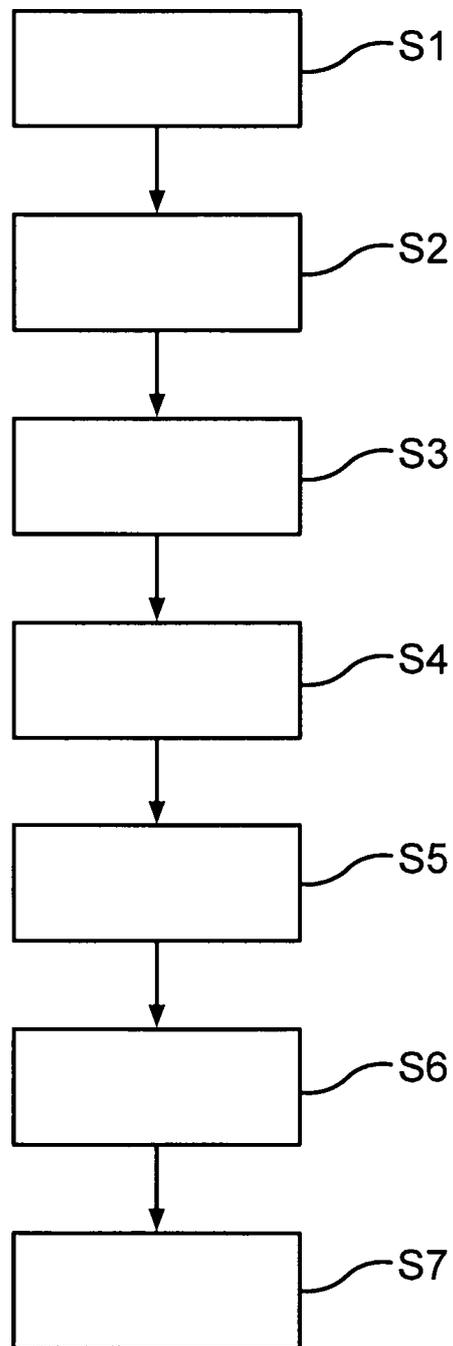


Fig.4