



CH 675481 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 675481 A5

⑤ Int. Cl.⁵: G 01 L 3/10

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

⑫ **PATENT**SCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 3562/87

㉒ Anmeldungsdatum: 16.09.1987

③① Priorität(en): 16.10.1986 DE 3635207

㉔ Patent erteilt: 28.09.1990

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 28.09.1990

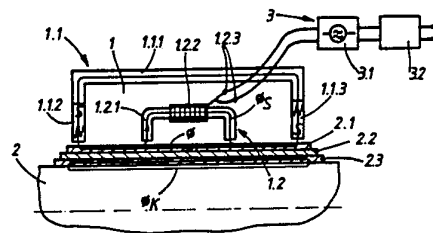
⑦③ Inhaber:
Daimler-Benz Aktiengesellschaft, Stuttgart 60 (DE)

⑦② Erfinder:
Schiessle, Edmund, Schorndorf (DE)
Alasafi, Khaldoun, Dr., Schwäbisch-Gmünd 11 (DE)

⑦④ Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ **Einrichtung zur berührungslosen indirekten elektrischen Messung des Drehmomentes an einer Welle und Verfahren zur Herstellung der Einrichtung.**

⑤⑦ Es wird eine Einrichtung zur berührungslosen indirekten elektrischen Messung des Drehmomentes an einer Welle (2) unter Ausnutzung des Matteucci-Effektes beschrieben. Bei der sich in einem induzierten magnetischen Längsfeld befindlichen Welle (2) wird bei Torsion derselben nicht die Magnetisierungsänderung in der Welle, sondern in einer auf dieser aufgetragenen Messschicht (2.1) messtechnisch erfasst. Um Störeinflüsse von der Grundmagnetisierung der Welle auf die Messschicht zu vermeiden, ist auf der Welle eine weitere Schicht (2.3) aufgebracht, welche den aus der Grundmagnetisierung resultierenden Magnetfluss kurzschliesst, wobei die Messschicht (2.1) von der inneren Schicht (2.3) durch eine hoch nichtmagnetische Schicht (2.2) magnetisch entkoppelt ist.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1, also eine Einrichtung, mit welcher dem zu übertragenden Drehmoment proportionale mechanische Spannungen an einer rotierenden, insb. weichmagnetischen Welle sensiert werden können.

Jeder weichmagnetische Werkstoff, beispielsweise der einer Welle, besitzt abhängig von seiner mechanischen Vorgeschichte eine mehr oder weniger große Grundmagnetisierung. Diese ändert sich u.a. unter mechanischer Belastung und mit der Alterung des Werkstoffes. Würde man nun unter Ausnutzung des «Matteucci-Effektes», wonach ein in einem induzierten magnetischen Längsfeld befindlicher ferromagnetischer Stab bei Torsion seine Magnetisierung ändert, diese Magnetisierungsänderungen mit Hilfe eines entsprechenden Magnetfeldsensorensystems erfassen, um so zu Aussagen bezüglich der in der Welle auftretenden mechanischen Spannungen zu gelangen, so müßten diese Aussagen entsprechend relativiert bewertet werden, da diese von der Grundmagnetisierung selbst und der unbestimmten Änderung der Grundmagnetisierung des Werkstoffes der Welle beeinflusst und verfälscht sein können bzw. sind.

Es ist eine gattungsgemäße Einrichtung bekannt (DE-OS 2 316 344), bei welcher auf einer weichmagnetischen Welle eine Schicht aus nichtmagnetischem Material und auf dieser wiederum eine Schicht mit guten Magnetostraktionseigenschaften aufgebracht ist. Die nichtmagnetische Schicht hat hierbei den Zweck zu erfüllen, die Welle magnetisch von der äußeren Schicht zu isolieren, durch welche der gesamte Magnetfluß geleitet werden soll, welcher von einer wechselstromgespeisten Magnetisierungsspule erzeugt wird und wobei eine Magnetflußänderung durch eine Detektorspule nach dem Transformatorprinzip erfaßt wird. Obwohl hier eine Isolation zwischen der aufgetragenen Meßschicht und der Welle vorgesehen ist, führt die instabile Grundmagnetisierung der Welle bei dynamischer Belastung immer noch zu einer Verfälschung des Messergebnisses, da das Magnetfeld der magnetisierten Welle auch in die Meßschicht einstrahlt.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine gattungsgemäße Einrichtung so auszubilden, daß auch bei Dauerbetrieb unter hoher mechanischer Wechselbelastung und unter physikalisch und chemisch rauen Umweltbedingungen zuverlässig und langzeitstabil unverfälschte Meßsignale erhalten werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Ein geeignetes Verfahren ergibt sich aus den Merkmalen nach Anspruch 4. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung den Aufbau der Einrichtung,

Fig. 2 in schematischer Darstellung eine erweiterte Ausbildung der Einrichtung und

Fig. 3 eine Seitenansicht gemäß der Linie III-III in Fig. 2.

Dem Wirkungsprinzip der Einrichtung liegt der bekannte Matteucci-Effekt zugrunde: Tordiert man einen in einem magnetischen Längsfeld befindlichen weichmagnetischen Stab, so ändert sich seine Magnetisierung. Bezugnehmend auf Fig. 1 umfasst die Einrichtung einerseits ein Sensorsystem 1 und andererseits auf der weichmagnetischen Welle 2 - dem Meßobjekt - angeordnete Beschichtungen 2.1, 2.2 und 2.3.

Das Sensorsystem 1 besteht insbesondere aus einem U-förmigen, sich in Längsrichtung der Welle 2 erstreckenden Magnetfelderzeuger 1.1 - gebildet durch ein U-förmiges weichmagnetisches Joch 1.1.1 mit an dessen der Welle zugewandten Schenkelen den angeordneten Permanentmagneten 1.1.2 und 1.1.3 - und einem Sensor 1.2, welcher einen innerhalb des Jochs 1.1.1 liegenden U-förmigen Kern 1.2.1 aus einem nichtmagnetostriktiven amorphen Metall aufweist, dessen Schenkelen ebenfalls der Welle zugewandt liegen und dessen Steg eine Spule 1.2.2 mit elektrischen Anschlüssen 1.2.3 trägt, welche mit einer Auswerteschaltung 3 verbunden sind. Sowohl die Permanentmagnete als auch die Schenkelen des Kerns sind gegenüber der Welle mit geringem Abstand angeordnet. Die Welle 2 trägt im Wirkungsbereich des Sensorsystems 1 - also sich in Längsrichtung der Welle über die Permanentmagnete etwas hinauserstreckend - Beschichtungen, wobei unmittelbar auf der Welle 2 eine hochpermeable, nichtmagnetostriktive, amorphe dritte Schicht 2.3 fest angeordnet ist, auf welcher wiederum eine hoch nichtmagnetische zweite Schicht 2.2 und auf dieser wiederum eine hochweichmagnetische, magnetostriktive, amorphe erste Schicht 2.1 fest angeordnet ist; selbstverständlich umgeben die Schichten die Welle auf ihrem gesamten Umfang.

Die dritte Schicht 2.3 erfüllt den Zweck, den Grundmagnetismus der Welle 2 im Wirkungsbereich des Sensorsystems kurzzuschließen, so daß der aus dem Grundmagnetismus resultierende Magnetfluß Φ_K nur innerhalb der Welle und der dritten Schicht 2.3 verlaufen kann.

Die zweite Schicht 2.2 dient zur magnetischen Entkopplung der dritten Schicht 2.3 und der ersten Schicht 2.1, während die erste Schicht 2.1 die eigentliche Meßschicht darstellt.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, wird von dem Magnetfelderzeuger 1.1 ein magnetisches Gleichfeld erzeugt und in die erste Schicht 2.1 eingeleitet (Fluß Φ), so daß sich der magnetische Kreis in Längsrichtung der Welle schließt. Wird nun die Welle 2 - und mit ihr die Schichten - tordiert, wird in der Schicht 2.1 deren Magnetisierungszustand verändert, was eine Änderung des Magnetflusses Φ zur Folge hat. Da der Kern 1.2.1 des Sensors 1.2 ebenfalls in dem magnetischen Kreis liegt, hat eine Änderung des Magnetflusses Φ auch eine Änderung des Magnetflusses Φ_S im Kern des Sensors zur Folge und zwar in folgender Hinsicht: Die Spule 1.2.2 des Sensors wird von einer Spannungsquelle 3.1 der Auswerteschaltung 3 mit einer konstanten Frequenz - bei-

spielsweise einem Oszillator mit 100 kHz – gespeist, wodurch in dem Sensor ein bestimmtes Wechselfeld erzeugt und der Kern des Sensors in die Sättigung gesteuert wird. Diesem Wechselfeld ist ein Gleichfeldanteil des Magnetfelderzeugers überlagert, so daß eine Änderung des aus dem Gleichfeld resultierenden Magnetflusses Φ_s – und zwar auf den Gleichfeldanteil bezogen – im Kern hervorruft. Diese Änderung des Magnetflusses Φ_s bewirkt im Kern 1.2.1 über die nichtlineare Funktion $B = f(H)$ der Magnetisierungskurve eine Änderung dessen dynamischer Permeabilität $\mu(H) = dB/dH$ und in Folge eine Änderung der Induktivität L der Spule 1.2.2, welche in einer Signalaufbereitungsstufe 3.2 der Auswerteschaltung 3 – beispielsweise einer einfachen Oszillator-Elektronik – so ausgewertet werden kann, daß eine Darstellung einer elektrischen Spannung oder Frequenz als Funktion der Torsion erreicht wird.

Als Unterschied zum Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 ist beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 und Fig. 3 zusätzlich zum Sensor 1.2 noch ein weiterer, diametral liegender Sensor 1.2' an der Welle 2 angeordnet, wobei beide Sensoren über ihre Anschlüsse mit der Auswerteschaltung 3 verbunden sind. In der Auswerteschaltung 3 werden nunmehr die von den Sensoren generierten Signale elektronisch addiert. Durch diese Maßnahmen lassen sich Schwankungen der Welle in vertikaler Richtung und hieraus resultierende Magnetflußänderungen eliminieren, während sich das Nutzsignal verdoppelt.

Da – wie insb. aus Fig. 3 ersichtlich ist – die Sensoren einander diametral gegenüberliegend und in vertikaler Richtung angeordnet sind, wirken sich kleine Schwankungen der Welle in horizontaler Richtung nicht auf die von den Sensoren generierten Signale aus, da der Luftspalt zwischen den Sensoren und der Welle nahezu konstant bleibt.

Werden die Sensoren noch von einem in vertikaler Richtung verschiebbaren Träger 4 gehalten, so ist hinsichtlich der von den Sensoren generierten Signale ein Nullabgleich möglich.

Bezüglich der Ausbildung des Sensors 1.2 und 1.2' ist anzumerken, daß dessen kaum temperaturabhängiger induktiver Widerstand um ein Vielfaches größer gewählt wird als dessen temperaturabhängiger ohmscher Widerstand, wobei für die Sensorspule vorzugsweise ein Kupferdraht mit einem kleinen thermischen Widerstandskoeffizienten verwendet wird – beispielsweise Thermosyn –, wodurch sich eventuelle Temperaturdrifts sehr klein halten lassen.

Die Schichten 2.1 bis 2.3 können im einfachsten Fall mit drei dünnen Folien – Stärke ungefähr 20 bis 50 μm – durch eine Klebtechnik oder durch Explosionsschweißen mit der Welle und miteinander verbunden werden. Es ist aber auch möglich durch verschiedene chemische oder physikalische Verfahren – wie Aufdampfen, Aufspütern etc. oder elektrolytische Abscheidungen bzw. chemische Abscheidereaktionen – oder einer Kombination aus chemischem Beschichtungsverfahren und physikalischem Verfahren die genannte Schichtenfolge mit ihren spezifischen physikalischen Eigenschaften zu erhalten.

Besonders vorteilhaft erscheint ein chemisches Abscheideverfahren von Nickel mit einem gewissen Anteil Phosphor, wobei über die Steuerung des Phosphoranteils sich Schichten herstellen lassen, die in ihren magnetischen Eigenschaften von hoch weichmagnetisch bis hoch nichtmagnetisch reichen. Mit diesem Verfahren ist es dann möglich, durch Änderung weniger Parameter bei der chemischen Abscheidung nacheinander alle drei Schichten auf die Welle aufzubringen. Durch die molekulare Verzahnung der einzelnen Schichten wird bei hoher dynamischer Belastung über sehr lange Zeit keine Änderung der mechanischen und magnetischen Eigenschaften erwartet und eine hohe Haftung der Schichten auf der Welle und untereinander erreicht. Außerdem besitzen diese Schichten aufgrund ihrer Oberflächenstruktur keine Korrosionsneigung, so daß auch aus diesem Grunde die magnetischen und mechanischen Eigenschaften dieser Schichten sehr langzeitstabil sind.

Mit der Erfindung ist also eine Einrichtung geschaffen,
– welche einen einfachen, robusten mechanischen Aufbau aufweist,
– welche auch bei Dauerbetrieb unter hoher mechanischer Wechselbelastung und unter physikalisch und chemisch rauen Umweltbedingungen zuverlässig und langzeitstabil funktioniert und
– welche es ermöglicht, das durch die Sensoren generierte Signal in einer einfachen, kostengünstigen elektronischen Signalaufbereitung weiterzuverarbeiten.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur berührungslosen indirekten elektrischen Meßung des Drehmomentes an einer Welle, umfassend einerseits ein von der Welle mit geringem Abstand beabstandetes Sensorsystem – bestehend aus einem U-förmigen Magnetfelderzeuger und mindestens einem Kern und eine Spule mit elektrischen Anschlüssen aufweisenden Sensor und eine Auswerteschaltung, in welche der Sensor – über die Anschlüsse integriert ist, und andererseits im Bereich des Sensorsystems auf der Welle fest angeordnete Beschichtungen, wobei durch eine hochweichmagnetische, magnetostriktive, amorphe erste Schicht das vom Magnetfelderzeuger erzeugte magnetische Längsfeld zur Schließung eines magnetischen Kreises in Längsrichtung der Welle geleitet wird, welche erste Schicht auf einer darunterliegenden, hoch nichtmagnetischen zweiten Schicht aufgebracht ist, und wobei der Sensor im Bereich des durch die erste Schicht geleiteten Längsfeldes angeordnet ist und bei Torsion der Welle eine Magnetisierungsänderung in der ersten Schicht in Form einer Änderung des Magnetflusses in seinem Kern erfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Schicht (2.2) auf einer unmittelbar auf der Welle (2) aufgetragenen hochpermeablen, nichtmagnetostriktiven, amorphen dritten Schicht (2.3) angeordnet ist, daß der ebenfalls in dem magnetischen Kreis liegende Kern (1.2.1) des Sensors (1.2) aus nichtmagnetostriktivem amorphem Metall besteht und daß das vom Magnetfelderzeuger (1.1)

- erzeugte Magnetfeld ein Gleichfeld ist, welches sich dem von der erregten Spule (1.2.2) erzeugten Wechselfeld überlagert, wobei eine Änderung des Magnetflusses ($\Delta\Phi$) eine Änderung der dynamischen Permeabilität $\mu(H) = dB/dH$ des Kerns (1.2.1) über die nichtlineare Funktion $B = f(H)$ der Magnetisierungskurve und in Folge der Induktivität (L) der Spule (1.2.2) bewirkt, welche in der Auswerteschaltung (3.3.2) in ein torsionsanaloges elektrisches Signal umgewandelt wird. 5
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an der Welle (2) ein weiterer Sensor (1.2') angeordnet ist, welcher dem Sensor (1.2) in vertikaler Richtung diametral gegenüber liegt und welcher über seine Anschlüsse ebenfalls in die Auswerteschaltung (3) integriert ist. 10
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Sensoren (1.2, 1.2') von einem in vertikaler Richtung verschiebbaren Träger (4) gehalten sind. 15
4. Verfahren zur Herstellung einer Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die drei Schichten (2.1 bis 2.3) durch ein chemisches Abscheidungsverfahren von Nickel und einem Anteil eines Metalloids oder mehreren Anteilen verschiedener Metalloide auf die Welle aufgebracht wird, wobei während des Abscheidungsverfahrens der Anteil des Metalloids oder der Anteil der anderen Metalloide von Schicht zu Schicht variiert wird. 20
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Metalloid Phosphor ist. 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

