



(10) **DE 10 2013 219 079 A1** 2015.03.26

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 219 079.4**  
(22) Anmeldetag: **23.09.2013**  
(43) Offenlegungstag: **26.03.2015**

(51) Int Cl.: **G01L 1/12 (2006.01)**  
**G01B 7/16 (2006.01)**  
**G01L 3/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG, 91074  
Herzogenaurach, DE**

(72) Erfinder:  
**Matysik, Jan, 90409 Nürnberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

|           |                        |           |
|-----------|------------------------|-----------|
| <b>DE</b> | <b>10 2008 056 302</b> | <b>A1</b> |
| <b>DE</b> | <b>10 2012 004 119</b> | <b>A1</b> |
| <b>EP</b> | <b>0 609 463</b>       | <b>A1</b> |
| <b>EP</b> | <b>2 216 702</b>       | <b>A1</b> |

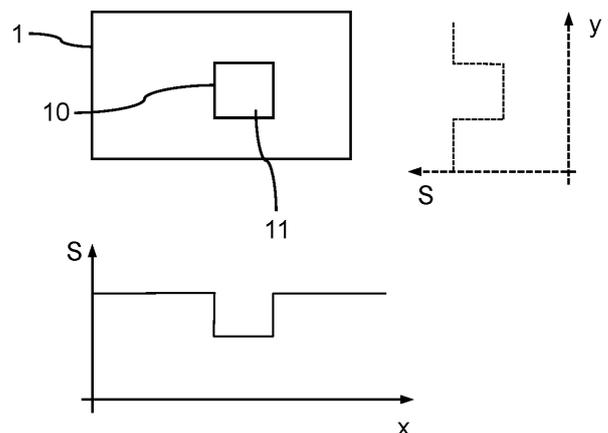
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Bauteil, Vorrichtung und Verfahren zur Messung einer Materialspannung mittels Magnetostriktion**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Bauteil (1) für eine Vorrichtung zur Erfassung einer in das Bauteil (1) eingeleiteten Materialspannung, wobei das Bauteil (1) eine Messzone (10) aufweist, die eine Magnetisierung (11) aufweist und eingerichtet ist, aufgrund eines inversen magnetostriktiven Effekts der Magnetisierung (11) ein von der Materialspannung abhängiges und mittels eines Sensors erfassbares Magnetfeld zu erzeugen, wobei die Messzone (10) durch einen Bauteilbereich mit einer im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen durchgängig entweder höheren oder niedrigeren mechanischen Stabilität (3) gebildet ist.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung (100) zur Erfassung einer in ein Bauteil (1) eingeleiteten Materialspannung sowie ein Verfahren zum Erfassen einer in ein Bauteil (1) eingeleiteten Materialspannung.



**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft das Gebiet der Materialspannungsmessung, insbesondere Momentenmessung mittels des inversen magnetostriktiven Effekts.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Mittels dieses Effekts ist eine kontaktlose Messung von Materialspannungen möglich.

**[0003]** Die EP 2 216 702 A1 zeigt einen Sensor mit einem drehbaren Element zur Abgabe eines Magnetfelds mittels eines Abschnitts aus einem ferromagnetischen, magnetostriktiven, polykristallinen Material. Die durch eine Torsionsänderung hervorgerufene Magnetfeldänderung wird durch einen Sensor erfasst. Die EP 0 609 463 A1 zeigt einen Drehmomentaufnehmer mit einer Welle, welche im Bereich eines Sensors eine Vielzahl sog. „knurl grooves“ aufweist und mit einer magnetostriktiven Schicht beschichtet ist, womit die Empfindlichkeit des Sensors verbessert werden soll.

**[0004]** Nachteilig am Stand der Technik ist, dass die Empfindlichkeit der bekannten Systeme in einem engen Rahmen begrenzt ist.

## Zusammenfassung der Erfindung

**[0005]** Dieser Erfindung lag die Aufgabe zu Grunde, für eine Empfindlichkeit eines auf dem Prinzip der Magnetostriktion beruhenden Sensors einen größeren Rahmen zur Verfügung zu stellen.

**[0006]** Die Aufgabe wird insbesondere gelöst durch ein Bauteil für eine Vorrichtung zur Erfassung einer in das Bauteil eingeleiteten Materialspannung, wobei das Bauteil eine Messzone aufweist, die eine Magnetisierung aufweist und eingerichtet ist, aufgrund eines inversen magnetostriktiven Effekts der Magnetisierung ein von der Materialspannung abhängiges und mittels eines Sensors erfassbares Magnetfeld zu erzeugen, wobei die Messzone durch einen Bauteilbereich mit einer im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen durchgängig entweder höheren oder niedrigeren mechanischen Stabilität gebildet ist.

**[0007]** Weiterhin wird die Aufgabe insbesondere gelöst durch ein Verfahren zum Erfassen einer in ein Bauteil eingeleiteten Materialspannung, umfassend die Schritte:

- Einbringen einer Magnetisierung in eine Messzone eines Bauteils;
- Erzeugen eines von der Materialspannung abhängigen und mittels eines Sensors erfassbaren Magnetfelds mittels des Bauteils;
- Erfassen des Magnetfelds mittels eines Sensors;

wobei die Messzone durch eine Bearbeitung eines Bauteilbereiches ausgebildet wird und wobei durch die Bearbeitung die mechanische Stabilität des Bauteils im Bereich der Messzone im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen durchgängig entweder erhöht oder reduziert wird.

**[0008]** Aufgrund der Messzone, die im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen durch einen Bauteilbereich mit einer durchgängig entweder niedrigeren oder höheren mechanischen Stabilität gebildet ist, wird das Bauteil im Bereich der Messzone durch die zu messende Materialspannung entweder stärker oder weniger stark beansprucht als übrige Bauteilbereiche und so ist der magnetostriktive Effekt dort stärker oder schwächer. Der Effekt der Materialbeanspruchung wird somit auf die Messzone konzentriert (bei einer Messzone mit niedrigerer mechanischer Stabilität) oder von der Messzone ferngehalten (bei einer Messzone mit höherer mechanischer Stabilität). Auf diese Weise ist einerseits eine noch höhere Empfindlichkeit des Sensors erreichbar (niedrigere mechanische Stabilität) oder eine noch niedrigere Empfindlichkeit (höhere mechanische Stabilität). Die Empfindlichkeit ist das Verhältnis der Magnetfeldänderung zur Änderung gemessener Materialspannung. Im ersten Fall ist der Vorteil klar ersichtlich: auch kleinere Materialspannungen können aufgrund einer höheren Empfindlichkeit gemessen werden und das Signal-Rausch-Verhältnis wird verbessert. Aber auch für eine niedrigere Empfindlichkeit ist eine vorteilhafte Anwendung z. B. darin gegeben, z. B. eine dünne Welle als Bauteil zu verwenden. Dünne Wellen zeigen gegenüber einer Welle mit größerem Durchmesser bei z. B. gleicher Torsion größere Materialspannungen. Daraus folgt eine hohe Empfindlichkeit für kleine Materialspannungen, die durchaus im Betrag so nicht erwünscht sein könnte (z. B. aufgrund einer Übersteuerung), wenn der Sensor für bestimmte große Materialspannungen (z. B. Torsionen im oberen Bereich) empfindlich sein soll.

**[0009]** Die Signalstärke des Bauteils (Stärke der Magnetfeldänderung oder Stärke des aufgrund des inversen magnetostriktiven Effekts auftretenden Magnetfelds) ist unter anderem proportional zum Betrag der Materialspannung und diese ist unter anderem proportional zur mechanischen Stabilität in der Messzone. Somit ermöglicht die lokal unterschiedliche mechanische Stabilität eine gute Möglichkeit der Sensorperformanceoptimierung. Im Bereich der Messzone wird die mechanische Stabilität bevorzugt so aus-

gelegt, dass das Bauteil bei einer Materialspannung die gewünschte Signalstärke zur Verfügung stellt. Die Anpassung der mechanischen Stabilität wird bevorzugt lokal vorgenommen. Damit ist es möglich die Signalstärke des Bauteils an einen Sensor und die Einbauumgebung anzupassen bzw. zu optimieren. Nutzen und Vorteil dieser Erfindung ist somit die Integrationsmöglichkeit eines solchen Sensors in ein bestehendes Produkt oder z. B. die Reduzierung des Signal-Rausch-Verhältnisses.

**[0010]** Das Bauteil (auch als Primärsensor bezeichnbar, da es die Materialspannung in ein erfassbares, proportionales oder zumindest abhängiges Magnetfeld wandelt) ist bevorzugt eine Welle, die für eine drehbare Lagerung oder auch für eine feste Einspannung vorgesehen sein kann.

**[0011]** Die Materialspannung ist bevorzugt eine auf das Bauteil wirkende Kraft oder ein auf das Bauteil wirkendes Moment. Bevorzugt führt diese/s zu einer Dehnung, Stauchung, Scherung, Torsion und/oder Biegung des Bauteils.

**[0012]** Die Messzone ist bevorzugt ein auf der Oberfläche und/oder Innenfläche des Bauteils vorhandener Bereich, in welchem das von der Materialspannung abhängige Magnetfeld, welches erfasst werden soll, hauptsächlich, bevorzugt ausschließlich, erzeugt wird. Die Messzone kann bevorzugt als lokal begrenzte Messzone mit z. B. angepasster Wandstärke/Durchmesser angesehen werden. Die Wandstärke oder der Radius der Messzone kann entsprechend der erforderlichen Signalstärke des Primärsensors ausgelegt werden. Die Messzone erstreckt sich bevorzugt über mindestens einen Umfang (z. B. kreis- oder spiralförmig). Hierdurch kann in einfacher Weise sowohl bei stehendem als auch bei sich drehendem Bauteil eine Messung stattfinden. Bevorzugt weist die Messzone eine asymmetrische Form auf (z. B. Freie Form, Raute) oder eine diagonale Führung (z. B. spiralförmig), besonders bevorzugt weist sie eine runde Form (Kreisgeometrie) auf, z. B. eine Rechteck- oder Quadratgeometrie mit abgerundeten Ecken.

**[0013]** Die Magnetisierung ist bevorzugt permanent. Sie ist bevorzugt ausschließlich in der Messzone oder in vorhandenen Messzonen vorhanden. Besonders bevorzugt ist sie eine in sich geschlossene Magnetisierung, z. B. eine Magnetisierung, bei welcher sich zumindest ein Teil der Feldlinien ausschließlich über das Material des Bauteils, bevorzugt über das Material des Bauteils innerhalb der Messzone z. B. kreisförmig schließt. Mit einer solchen energetisch günstigen Magnetisierung lässt sich die Lebensdauer der Magnetisierung erhöhen. Besonders bevorzugt ist die Magnetisierung eine oberflächlich in der Messzone anhaftende bevorzugt mit Legierungselementen beigemischte Materialschicht. Z. B. wirkt sich Ni posi-

tiv auf die Stabilität der Magnetisierung über Lebensdauer und Temperatur der Magnetisierung aus. Besonders bevorzugt erstreckt sich die Magnetisierung in der Messzone bis in eine bestimmte Tiefe in das Material des Bauteils hinein, besonders bevorzugt erstreckt sie sich im Bereich der Messzone durch das gesamte Material des Bauteils hindurch.

**[0014]** Das Einbringen einer Magnetisierung, in das Bauteil, z. B. in den Korpus der Welle, erfolgt bevorzugt mittels Einwirkung eines externen Magnetisierungsmagnetfelds. Dabei werden sog. Weiss-Berirke ausgerichtet. Bevorzugt wird zuvor die Fläche, welche die Magnetisierung aufweisen soll, mit einem gut magnetisierbarem oder vormagnetisiertem Material beschichtet.

**[0015]** Das Erzeugen eines von der Materialspannung abhängigen und mittels eines Sensors erfassbaren Magnetfelds erfolgt bevorzugt aufgrund des inversen magnetostriktiven Effekts. Dabei erfährt das durch die Magnetisierung erzeugte Magnetfeld durch eine (bereits minimale) Materialverformung, die erfindungsgemäß aus einer Materialspannung resultiert, eine messbare Änderung oder es wird durch die Materialverformung ein das Bauteil verlassendes Magnetfeld überhaupt erst erzeugt. Diese messbare Änderung oder die Stärke und/oder Ausrichtung des neu erzeugten Magnetfelds ist proportional oder zumindest abhängig von der Materialverformung.

**[0016]** Das Erfassen des Magnetfelds mittels eines Sensors (auch als Sekundärsensor bezeichnbar, da er nur indirekt die in eine Magnetfeldänderung gewandelte Materialspannungsänderung in ein elektrisches Signal wandelt; z. B. Hall-Sensor) erfolgt bevorzugt berührungslos und besonders bevorzugt außerhalb des Bauteils. Bevorzugt erfolgt ein Erfassen des aus dem Bauteil austretenden, bevorzugt aufgrund der Materialspannung austretenden Magnetfelds. Zur Erfassung wird bevorzugt ein Sensor in möglichst minimalem Abstand zur Messzone angebracht.

**[0017]** Unter mechanischer Stabilität wird bevorzugt die Widerstandsfähigkeit, des Bauteils gegen eine Kraft- oder Momenteinwirkung, insbesondere die Steifigkeit des Bauteils verstanden. Besonders bevorzugt wird mechanische Stabilität im Rahmen dieser Erfindung gleichgesetzt mit dem Radius einer als Bauteil vorgesehenen massiven Welle oder mit der Material- oder Wandstärke oder dem Produkt oder der Summe aus Material- oder Wandstärke und Radius. Weiterhin wird mechanische Stabilität bevorzugt alternativ gleichgesetzt mit einem bestimmten Material des Bauteils.

**[0018]** Ein Bauteilbereich mit einer durchgängig entweder höheren oder niedrigeren mechanischen Stabilität ist bevorzugt ein Bauteilbereich,

- der durch ein bestimmtes Material oder einen bestimmten Materialmix mit einer durchgängig höheren oder niedrigeren mechanischen Stabilität gebildet ist (z. B. ist der Bauteilbereich aus Gummi, während übrige Bauteilbereiche aus Eisen sind) und/oder
- der eine im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen verschiedene Geometrie aufweist.

**[0019]** Bevorzugt wird eine höhere oder niedrigere mechanische Stabilität durch eine Material- und/oder Geometrieänderung erreicht. Durchgängig bedeutet bevorzugt, dass innerhalb der zusammenhängenden Messzone nicht sowohl Bereiche, bevorzugt Punkte, mit höherer mechanischer Stabilität (bevorzugt z. B. größerer Radius), als auch Bereiche, bevorzugt Punkte, mit niedrigerer mechanischer Stabilität (bevorzugt z. B. kleinerer Radius) existieren. Besonders bevorzugt bedeutet durchgängig, dass keine Bereiche, bevorzugt keine Punkte verbleiben, die aus demselben Material bestehen und/oder dieselbe Geometrie aufweisen, wie Bereiche des Bauteils außerhalb einer Messzone. Die Grenze der Messzone ist bevorzugt durch Punkte an der Oberfläche des Bauteils gegeben, an denen sich die Geometrie und/oder das Material des Bauteils ausgehend von übrigen Bereichen des Bauteils beginnt zu ändern. Bevorzugt liegt eine über mehr als 50% bevorzugt mehr als 75% besonders bevorzugt mehr als 90% der Messzonenfläche konstante Geometrie vor, z. B. ein über diese Fläche kleinerer (andernfalls größerer) Radius als bei übrigen Bauteilbereichen. Besonders bevorzugt ist die Geometrie der Messzonenfläche außer in einem Übergangsbereich der Messzone konstant.

**[0020]** Die mechanische Stabilität wird bevorzugt gezielt erhöht oder reduziert, um eine Anpassung der Empfindlichkeit eines Sensors durchzuführen. Bevorzugt erfolgt eine Anpassung der Empfindlichkeit an die Anforderung einer Sensorik, indem die mechanische Stabilität des Bauteils im Bereich der Messzone gezielt erhöht oder reduziert wird.

**[0021]** Die lokale Anpassung der mechanischen Stabilität Wandstärke/Durchmesser des Primärsensorträgers mittels Ausbilden einer erfindungsgemäßen Messzone erfolgt z. B. durch Vergrößerung (bzw. Verkleinerung) der Wandstärke oder eines Durchmessers des Primärsensorträgers (z. B. einer Hohlwelle oder eines Vollzylinders) im örtlich begrenzten Bereich der Magnetisierung. Die Anpassung der Wandstärke oder eines Durchmessers erfolgt bevorzugt über den gesamten Umfang oder über einen Teil des Umfangs. Eine Geometrie ist bevorzugt ein Durchmesser oder Radius eines als Welle ausgebildeten Bauteils oder eine Wandstärke eines als Hohlkörper ausgebildeten Bauteils.

**[0022]** Übrige Bauteilbereiche sind bevorzugt Bereiche, die nicht als eine Messzone ausgebildet sind.

Bevorzugt sind z. B. mehrere Messzonen vorhanden und das Bauteil weist in jeder Messzone eine jeweils gleich hohe/niedrige mechanische Stabilität auf.

**[0023]** Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Bauteil weist die Messzone einen Übergangsbereich zu den übrigen Bauteilbereichen mit einem kontinuierlichen Verlauf der mechanischen Stabilität des Bauteils auf. Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird durch die Bearbeitung des als Messzone vorgesehenen Bauteilbereiches ein kontinuierlicher Übergang geschaffen.

**[0024]** Auf diese Weise ist die Empfindlichkeit noch weiter steigerbar und das Signal-Rausch-Verhältnis wird verbessert sowie die Haltbarkeit des Bauteils, da sich Materialspannungen im Bauteil nicht sprunghaft ändern.

**[0025]** Kontinuierlich bedeutet bevorzugt, dass keine sprunghaften Änderungen vorliegen. Es ist z. B. ein nicht sprunghafter Wandstärkenübergang als Übergangsbereich vorgesehen. Besonders bevorzugt ist ein kontinuierlicher Übergang mit kontinuierlichem Verlauf der mechanischen Stabilität des Bauteils ein stetiger Übergang (z. B. der Kontur) von der Oberfläche übriger Bauteilbereiche zu der Oberfläche des als Messzone gebildeten Bauteilbereichs. Die Materialstärke ändert sich bei einem kontinuierlichen Übergang nicht sprunghaft, sondern kontinuierlich. Dabei handelt es sich bevorzugt um einen G0-stetigen Übergang, wobei eventuelle Flächenübergangswinkel an Kanten (der kleinere der durch die an der Kante zusammenlaufenden Flächen eingeschlossenen Winkel) größer als 90° bevorzugt größer als 120° ist, besonders bevorzugt um einen G1- oder sogar G2-stetigen Übergang. Bevorzugt weist der Übergang ausschließlich abgerundete Übergangsecken oder -kanten auf. Bevorzugt ist die Messzone von Übergangsbereichen mit kontinuierlichem Übergang rundherum eingegrenzt.

**[0026]** Bevorzugt erstreckt sich die Magnetisierung auch über den Übergangsbereich. Hierdurch wird das Primärsensorsignal sowohl im z. B. konstanten Bereich der Messzone als auch im Übergangsbereich/Randbereich möglich. Besonders bevorzugt erstreckt sich die Magnetisierung nicht auf den Übergangsbereich der Messzone. Dies kann vorteilhaft sein, wenn ein besonders hochwertiges Signal benötigt wird, insbesondere wenn genügend Fläche zur Ausbildung der Messzone zur Verfügung steht, so dass auf die Magnetisierung im Übergangsbereich verzichtet werden kann.

**[0027]** Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Bauteil ist der Bauteilbereich, durch den die Messzone gebildet ist, durch eine Materialschwachstelle gebildet. Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird durch die Bearbeitung des als Messzone vor-

gesehenen Bauteilbereiches eine Materialschwachstelle gebildet.

**[0028]** Hierdurch wird ein Bauteilbereich mit einer geringeren mechanischen Stabilität erhalten. Eine Materialschwachstelle ist insbesondere ein Bauteilbereich mit einer verringerten Wandstärke oder einem verringerten Radius oder Durchmesser. Z. B. wird eine Materialschwachstelle mittels spanender Bearbeitung (z. B. Bohren, Fräsen) in das Bauteil eingebracht.

**[0029]** Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Bauteil ist der Bauteilbereich, durch den die Messzone gebildet ist, durch eine Materialverstärkungsstelle gebildet. Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird durch die Bearbeitung des als Messzone vorgesehenen Bauteilbereiches eine Materialverstärkungsstelle gebildet.

**[0030]** Hierdurch wird ein Bauteilbereich mit einer höheren mechanischen Stabilität erhalten. Eine Materialverstärkungsstelle ist insbesondere ein Bauteilbereich mit einer erhöhten Wandstärke oder einem erhöhtem Radius oder Durchmesser. Z. B. wird eine Materialschwachstelle mittels spanender Bearbeitung der übrigen Bauteilbereiche, z. B. aller nicht als Messzone ausgebildeten Bauteilbereiche, aus dem Bauteil herausgearbeitet oder z. B. mittels Fügen (z. B. Schweißen, Löten) aufgebaut.

**[0031]** Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Bauteil erstreckt sich die Messzone um weniger als einen vollen, bevorzugt weniger als einen halben, Umfang um das Bauteil. Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird durch die Bearbeitung eine entsprechende Messzone gebildet.

**[0032]** Hierdurch ist insbesondere im Falle einer als Materialschwachstelle ausgebildeten Messzone die ansonsten möglicherweise ungewünschte Schwächung (oder ansonsten auch Verstärkung) des Bauteils auf einen Bereich des Umfangs begrenzt. Bevorzugt erstreckt sich die Messzone entlang einer jeden möglichen Umfangslinie des Bauteils maximal über einen Winkelbereich von weniger als 360°, bevorzugt weniger als 180°. Eine Umfangslinie weist bevorzugt einen gemeinsamen End- und Start-Punkt auf und verläuft um eine durch den Mittelpunkt des Bauteils verlaufende Achse entlang der Oberfläche des Bauteils. Ein Winkelbereich ist bevorzugt der Bereich der Oberfläche, welcher durch einen an der Achse angespannten Winkel eingeschlossen ist.

**[0033]** Ein weiteres erfindungsgemäßes Bauteil weist eine von der Messzone beabstandete weitere Messzone mit der Magnetisierung oder einer weiteren Magnetisierung auf und es weist im Bereich der weiteren Messzone im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen eine durchgängig entweder höhere oder

niedrigere mechanische Stabilität auf. Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird durch die Bearbeitung eine entsprechende weitere Messzone gebildet.

**[0034]** Hierdurch ist eine Kompensationsmöglichkeit von Materialspannungen, Temperatur oder störenden Magnetfeldern gegeben. Weiterhin ist z. B. durch Mittelung der erfassten Magnetfeldänderungen aus zwei oder mehr Messzonen das Signal-Rausch-Verhältnis noch weiter verbesserbar.

**[0035]** Bevorzugt weist die weitere Messzone eine identische Geometrie wie die erste Messzone auf. Hierdurch sind z. B. Ungenauigkeiten herausmittelbar. Besonders bevorzugt sind die Geometrien unterschiedlich, d. h. möglichst unterschiedliche, z. B. ist bei einer Welle eine Messzone mit hauptsächlich radialem und eine mit hauptsächlich axialem Verlauf vorhanden. Hierdurch sind einzelne Materialspannungsrichtungskomponenten besser messbar. Besonders bevorzugt ist die eine Messzone durch einen Bauteilbereich mit einer höheren mechanischen Stabilität und die weitere Messzone durch einen Bauteilbereich mit einer niedrigeren mechanischen Stabilität gebildet. Hierdurch ist einerseits eine hohe Empfindlichkeit für kleine Materialspannungen als auch eine angepasste Empfindlichkeit für hohe Materialspannungen möglich. Die beiden Messzonen sind bevorzugt durch einen Bereich, der nicht als Messzone ausgebildet ist, voneinander beabstandet.

**[0036]** Ganz besonders bevorzugt sind zusätzlich oder ausschließlich verschiedene Messzonen vorhanden, die durch Bauteilbereiche mit jeweils voneinander unterschiedlichen mechanischen Stabilitäten und/oder Formen bzw. Verläufen gebildet sind, wobei die unterschiedlichen mechanischen Stabilitäten höher und niedriger sind als bei übrigen Bauteilen. Bevorzugt ist dabei auch mindestens eine Messzone durch einen Bauteilbereich gebildet, der die gleiche mechanische Stabilität aufweist wie übrige Bauteilbereiche. Hierdurch ist eine graduelle Anpassung der Empfindlichkeit an verschiedene Materialspannungsbereiche und/oder Materialspannungsrichtungen möglich. Z. B. ist eine erste Messzone durch einen Bauteilbereich mit einer im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen niedrigen mechanischen Stabilität gebildet, eine weitere Messzone durch einen Bauteilbereich mit einer ebenfalls niedrigen mechanischen Stabilität, die jedoch höher ist als die mechanische Stabilität des Bauteils im Bereich der ersten Messzone. Hierdurch ist eine Empfindlichkeit für zwei verschiedene Materialspannungsbereiche anpassbar. In diesem Beispiel können zusätzlich z. B. Messzonen mit verschiedenen Verläufen vorgesehen sein und/oder auch Messzonen, welche durch Bauteilbereiche mit einer im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen höheren oder gleichen mechanischen Stabilität gebildet sind. Hierdurch ist eine höchst flexible, graduel-

le Materialspannungsbereichs- und/oder -richtungsanpassung erreichbar.

**[0037]** Die Magnetisierung erstreckt sich bevorzugt über beide oder alle Messzonen, besonders bevorzugt weist jede Messzone eine eigene Magnetisierung auf. Besonders bevorzugt weisen die beiden oder zumindest zwei Magnetisierungen unterschiedliche Magnetisierungsorientierungen auf.

**[0038]** Bevorzugt weist das Bauteil noch mehr als zwei Messzonen auf, z. B. drei, vier, fünf oder bevorzugt 6, z. B. zum verbesserten Erfassen der Materialspannungskomponenten in sechs Freiheitsgraden. Bevorzugt sind vorhandene Messzonen über den Umfang radial und/oder axial verteilt angeordnet.

**[0039]** Weiterhin wird die Aufgabe insbesondere gelöst durch eine Vorrichtung zur Erfassung einer in ein Bauteil eingeleiteten Materialspannung, wobei die Vorrichtung das erfindungsgemäße Bauteil aufweist sowie mindestens einen ausschließlich der Messzone zugeordneten Sensor. In einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt das Erfassen des Magnetfelds mittels eines Sensors, der ausschließlich der Messzone zugeordnet wird.

**[0040]** Hierdurch wird die durch das erfindungsgemäße Bauteil erzeugte Magnetfeldänderung vorteilhaft mittels des Sensors erfasst. Es werden keine oder nur minimale Streufelder eines Bereichs miterfasst, der nicht als Messzone ausgebildet ist oder der eine andere mechanische Stabilität aufweist. Das durch den zugeordneten Sensor erfasste Magnetfeld entspringt daher einer möglichst homogenen Messzone.

**[0041]** Bevorzugt ist der Sensor zumindest für den Zeitpunkt der Messung ausschließlich einer einzigen Messzone zugeordnet. Z. B. ist im Fall einer drehenden Welle und einer nicht vollständig umlaufenden Messzone der Sensor oder dessen Auswerte- und/oder Steuereinrichtung eingerichtet, eine Messung oder eine Auswertung der Messung nur für die Zeit vorzunehmen, in welcher die Messzone am Sensor vorbeiläuft.

**[0042]** Der Sensor weist bevorzugt ein Sensorelement auf, welches eingerichtet ist, eine magnetische Feldstärke(nänderung) zu erfassen, z. B. ein Hall-Sensor. Vorhandene Sensoren sind bevorzugt in direkter Umgebung gegenüber dem Bauteil, insbesondere der Messzone angeordnet. Besonders bevorzugt sind sie gegenüber einer Materialschwachstelle angeordnet, und ragen in das Bauteil hinein, z. B. ragen sie bei einer Welle innerhalb des äußeren Durchmessers hinein.

**[0043]** Zugeordnet ist ein Sensor bevorzugt, indem er auf ausschließlich eine Messzone gerichtet ist. Be-

vorzugt weist der (bevorzugt Mittelpunkt des) Sensor(s) dabei zu der zugeordneten Messzone einen geringeren Abstand auf als zu einer anderen evtl. vorhandenen Messzone. Alternativ oder zusätzlich stimmt dabei der Mittelpunkt des Messaufnehmers oder des diesen enthaltenden Bauteils mit dem Mittelpunkt oder einer Mittenlinie der Messzone überein. Bevorzugt überlappen mehr als 50%, bevorzugt mehr als 75%, besonders bevorzugt mehr als 90% der Projektion der (der bevorzugt der Messzone zugewandten) Fläche des Messaufnehmers oder des diesen enthaltenden Bauteils mit der Fläche der Messzone, zumindest in einer Dimension.

**[0044]** Eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung weist das erfindungsgemäße Bauteil mit einer von der Messzone beabstandeten weiteren Messzone mit der Magnetisierung oder einer weiteren Magnetisierung auf, wobei das Bauteil im Bereich der weiteren Messzone im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen eine durchgängig entweder höhere oder niedrigere mechanische Stabilität aufweist, und die Vorrichtung weist mindestens einen ausschließlich der Messzone zugeordneten Sensor sowie mindestens einen ausschließlich der weiteren Messzone zugeordneten Sensor auf. In einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt das Erfassen des Magnetfelds mittels Sensoren, wobei einer Messzone jeweils ausschließlich mindestens ein Sensor zugeordnet wird.

**[0045]** Hierdurch können vielfältige Messszenarien durchgeführt werden. Z. B. werden Messfehler herausgemittelt oder verschiedene Richtungskomponenten der Materialspannung werden gemessen. Bevorzugt weist das Bauteil noch mehr als zwei Messzonen auf, wobei jeweils mindestens ein Sensor einer Messzone ausschließlich zugeordnet ist. Bevorzugt wird ein Sensor mittels eines Algorithmus bei einer rotierenden Welle und mehreren voneinander beabstandeten, radial verteilten Messzonen zeitlich versetzt jeweils einer Messzone zugeordnet, bevorzugt immer derjenigen Messzone, welche den Sensor passiert, indem z. B. eine zeitliche Auswertung des Sensorsignals in zeitlichen Intervallen erfolgt, wobei ein Intervall das Messsignal enthält, welches in dem Zeitraum aufgenommen wurde, in welchem sich die entsprechende Messzone im Wesentlichen gegenüber dem Sensor befindet oder befand oder diesen passiert oder passierte. Bevorzugt ist eine Steuerungseinrichtung eingerichtet, einen derartigen Algorithmus auszuführen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0046]** Die Erfindung wird nun beispielhaft durch Figuren veranschaulicht, dabei zeigt

**[0047]** Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Bauteil mit einem beispielhaften Verlauf der mechanischen Stabilität,

**[0048]** Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Bauteil mit als Materialschwachstelle gebildeter Messzone mit einer Übergangsbereich mit einem kontinuierlichen Verlauf der mechanischen Stabilität des Bauteils,

**[0049]** Fig. 3 ein Bauteil wie in Fig. 2 jedoch mit einer als Materialverstärkungsstelle gebildeten Messzone,

**[0050]** Fig. 4 eine perspektive Darstellung eines als Welle ausgebildeten erfindungsgemäßen Bauteils mit umlaufender, als Materialschwachstelle gebildeter Messzone,

**[0051]** Fig. 5 zeigt eine perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Bauteils wie in Fig. 4 zusammen mit einer Detailansicht der Messzone, jedoch erstreckt sich die Messzone um weniger als ein Viertel des Umfangs,

**[0052]** Fig. 6 eine Schnittdarstellung der Messzone aus Fig. 5 in zwei Varianten und

**[0053]** Fig. 7 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einem ausschließlich einer Messzone zugeordneten Sensor.

#### Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

**[0054]** Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauteil **1** mit einem beispielhaften, rein illustrativen Verlauf der mechanischen Stabilität, der für zwei Dimensionen mittels Diagrammen veranschaulicht ist, wobei eine niedrigere mechanische Stabilität in nur einer Dimension erfindungsgemäß bereits ausreichend ist und daher das Diagramm der Y-Koordinate gestrichelt dargestellt ist. Das Bauteil **1** weist einen als Messzone **10** ausgebildeten Bauteilbereich mit einer niedrigeren mechanischen Stabilität **S** im Vergleich zu den übrigen Bauteilbereichen auf. In der Messzone **10** liegt die Magnetisierung **11** vor. Die mechanische Stabilität **S** ist in der Messzone **10** durchgängig geringer als die der übrigen Bauteilbereiche.

**[0055]** Zum Erfassen einer Materialspannung wird zunächst ein Bauteil **1** hergestellt, wobei eine Messzone **11** ausgebildet wird durch z. B. durchgängig spanende Abtragung von Material und durch Einbringen einer Magnetisierung **11** in die Messzone **11**.

**[0056]** Auf diese Weise ist eine höhere Empfindlichkeit des Bauteils **1** in der Messzone sowie ein homogenes Ansprechen der Magnetisierung auf eine Materialspannung gegeben.

**[0057]** Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauteil **1** mit als Materialschwachstelle gebildeter Messzone

**10**, welche einen Übergangsbereich **12** mit einem kontinuierlichen Verlauf der mechanischen Stabilität des Bauteils **1** aufweist. Die Materialstärke der Messzone **10** ist durchgängig niedriger als außerhalb der Messzone **10**. Die Übergangsbereiche **12** weisen abgerundete Kanten bzw. Kantenradien auf. Der Flächenübergangswinkel **13** ist kleiner als  $60^\circ$ . Innerhalb der Übergangsbereiche **12** ist die Materialstärke konstant.

**[0058]** Hierdurch wird eine hohe Homogenität der Messzone und eine homogene Überführung zu anderen Bauteilbereichen erreicht, wodurch sich das Signal-Rausch-Verhältnis noch weiter verbessert und die Empfindlichkeit wird erhöht.

**[0059]** Fig. 3 zeigt ein Bauteil **1** wie in Fig. 2 jedoch mit einer als Materialverstärkungsstelle gebildeten Messzone **10**. Die Mittellinie der Messzone **10** ist, wie zuvor in Fig. 2, strich-punktiert angedeutet. Hierdurch ergeben sich dieselben Vorteile wie in Fig. 2, jedoch wird die Empfindlichkeit reduziert anstatt erhöht.

**[0060]** Fig. 4 zeigt eine perspektive Darstellung eines als Welle ausgebildeten erfindungsgemäßen Bauteils **1** mit umlaufender, als Materialschwachstelle gebildeter Messzone **10**. Die Messzone **10** ist umlaufend um die Welle **1** ausgebildet und weist kontinuierliche Übergangsbereiche **12** auf. Die Magnetisierung **11** ist ebenfalls umlaufend und ringförmig magnetisiert (geschlossene Magnetisierung).

**[0061]** Hierdurch ist in vorteilhafter Weise ein auf die Welle einwirkendes Moment **M** in ein Magnetfeld wandelbar. Das Moment erzeugt eine Materialspannung, welche zu einer Torsion der Welle **1** führt. Die Torsion ist im Vergleich zum übrigen Bauteil **1** im Bereich der Messzone **10** am größten, da in diesem Bereich die mechanische Stabilität am niedrigsten ist. Genau hier wird das Magnetfeld erzeugt, wobei eine höhere Empfindlichkeit vorliegt, als wenn die Messzone **10** die gleiche mechanische Stabilität aufweist wie die übrigen Bereiche der Welle **1**. Die ringförmige Magnetisierung ist robuster gegen Entmagnetisierung. Die kontinuierlichen Übergänge erhöhen das Signal-Rausch-Verhältnis.

**[0062]** Fig. 5 zeigt eine perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Bauteils **1** wie in Fig. 4 zusammen mit einer Detailansicht der Messzone **10**, jedoch erstreckt sich die Messzone **10** um weniger als ein Viertel des Umfangs der Welle **1**. Die Messzone **10** weist eine rechteckige Geometrie, jedoch mit abgerundeten Ecken auf. Das Rechteck ist bevorzugt ein Quadrat. Ein kontinuierlicher Übergangsbereich **12** bildet eine umrundende äußere Grenze der Messzone **10**.

**[0063]** Fig. 6 zeigt eine Schnittdarstellung der Messzone **10** aus Fig. 5 in zwei Varianten, links mit einer Materialverstärkungsstelle, bei welcher der Radius in der Messzone durchgängig höher ist als bei den übrigen Bereichen der Welle **1**, rechts mit einer Materialschwächungsstelle, bei welcher der Radius in der Messzone durchgängig niedriger ist als bei den übrigen Bereichen der Welle **1**.

**[0064]** Hierdurch sind besonders stillstehende Wellen (oder allgemeiner auch Bauteile) verwendbar. Obwohl nur in einem sehr kleinen Bereich eine Materialveränderung, z. B. -schwächung, vorliegt, und die Welle somit fast keine generelle Schwächung der mechanischen Stabilität erleidet, ist die Empfindlichkeit der Anordnung erhöht.

**[0065]** Fig. 7 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung **100** mit einem ausschließlich einer Messzone **10** zugeordneten Sensor **20**. Die Mittenlinie des Sensorgehäuses stimmt mit der Mittenlinie der Messzone **10** überein (stricht-punktierte Linie). Der Sensor **20** ist in geringem Abstand direkt über der Messzone **10** angeordnet. In etwa 100% der Projektion der der Messfläche zugewandten Fläche des Sensorgehäuses überlappt mit der Messzone **10**.

**[0066]** Hierdurch wird eine besonders effektive Erfassung des durch die Magnetisierung **11** erzeugten Magnetfelds erzielt. Der Störeinfluss von Magnetfeldern anderer Messzonen **11** oder sonstiger Störfelder wird somit nahezu eliminiert. Zudem wird der Vorteil der angepassten Sensorempfindlichkeit durch den Sensor voll ausgenutzt.

**[0067]** Mit der Erfindung wurde eine Möglichkeit vorgestellt, ein Bauteil Zur Messung einer in das Bauteil eingeleiteten Materialspannung flexibel an verschiedene Anforderungen anzupassen. Oft ist die Wandstärke/Durchmesser des Primärsensorträgers (z. B. Welle/Hohlrohr) durch mechanische Anforderungen an das Endprodukt vorgegeben. Da die Signalstärke unter anderem proportional zum Betrag der Materialspannung ist und diese unter anderem proportional zur Wandstärke/Durchmesser des Primärsensorträgers ist, ermöglicht eine lokal unterschiedliche Wandstärke/Durchmesser und Verwendung dieses lokal unterschiedlichen Bereichs als Messzone eine gute Möglichkeit der Sensorperformanceoptimierung. Im Bereich des Primärsensors wird die Wandstärke/Durchmesser so ausgelegt, dass der Primärsensor bei Materialspannung die gewünschte Signalstärke zur Verfügung stellt. Die Anpassung der Wandstärke/Durchmesser soll lokal vorgenommen werden. Damit ist es möglich die Signalstärke der Primärsensorik an die Sekundärsensorik und deren Umgebung anzupassen bzw. zu optimieren. Nutzen und Vorteil dieser Optimierung ist die Integrationsmöglichkeit eines solchen Sensors in ein bestehendes Produkt oder z. B. die Reduzierung des Signal-Rausch-Verhält-

nisses. Verwendet wird die Erfindung (Bauteil, Vorrichtung mit Bauteil) bevorzugt bei einer Wankstabilisierung im Fahrzeugbereich. Bevorzugt dient dabei das Gehäuse des Wankstabilisators als Primärsensor oder Primärsensorträger. Hierdurch wird eine Bauraumeinsparung und eine Konzeptvereinfachung zu bisherigen Lösungen erreicht.

#### Bezugszeichenliste

|            |   |
|------------|---|
| <b>1</b>   | Bauteil   |
| <b>10</b>  | Messzone  |
| <b>11</b>  | Magnetisierung  |
| <b>12</b>  | Übergangsbereich  |
| <b>13</b>  | Flächenübergangswinkel  |
| <b>20</b>  | Sensor  |
| <b>100</b> | Vorrichtung zur Erfassung einer in ein Bauteil eingeleiteten Materialspannung |
| <b>S</b>   | mechanische Stabilität  |
| <b>M</b>   | Moment  |

**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**

- EP 2216702 A1 [0003]
- EP 0609463 A1 [0003]

### Patentansprüche

1. Bauteil (1) für eine Vorrichtung zur Erfassung einer in das Bauteil (1) eingeleiteten Materialspannung, wobei das Bauteil (1) eine Messzone (10) aufweist, die eine Magnetisierung (11) aufweist und eingerichtet ist, aufgrund eines inversen magnetostriktiven Effekts der Magnetisierung (11) ein von der Materialspannung abhängiges und mittels eines Sensors erfassbares Magnetfeld zu erzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messzone (10) durch einen Bauteilbereich mit einer im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen durchgängig entweder höheren oder niedrigeren mechanischen Stabilität (5) gebildet ist.

2. Bauteil (1) gemäß Anspruch 1, wobei die Messzone (10) einen Übergangsbereich (12) zu den übrigen Bauteilbereichen mit einem kontinuierlichen Verlauf der mechanischen Stabilität (5) des Bauteils (1) aufweist.

3. Bauteil (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Bauteilbereich, durch den die Messzone (10) gebildet ist, durch eine Materialschwachstelle gebildet ist.

4. Bauteil (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Bauteilbereich, durch den die Messzone (10) gebildet ist, durch eine Materialverstärkungsstelle gebildet ist.

5. Bauteil (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich die Messzone (10) um weniger als einen vollen Umfang um das Bauteil (1) erstreckt.

6. Bauteil (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Bauteil (1) eine von der Messzone (10) beabstandete weitere Messzone mit der Magnetisierung (11) oder einer weiteren Magnetisierung aufweist und die Messzone (10) durch einen Bauteilbereich mit einer im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen durchgängig entweder höheren oder niedrigeren mechanischen Stabilität (5) gebildet ist.

7. Vorrichtung (100) zur Erfassung einer in ein Bauteil (1) eingeleiteten Materialspannung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (100) das Bauteil (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist, wobei die Vorrichtung (100) mindestens einen ausschließlich der Messzone (10) zugeordneten Sensor (20) aufweist.

8. Vorrichtung (100) zur Erfassung einer in ein Bauteil (1) eingeleiteten Materialspannung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (100) das Bauteil (1) gemäß Anspruch 6 aufweist, wobei die Vorrichtung (100) mindestens einen ausschließlich der Messzone (10) zugeordneten Sensor (20) sowie mindestens einen ausschließlich der weiteren Messzone zugeordneten Sensor aufweist.

9. Verfahren zum Erfassen einer in ein Bauteil (1) eingeleiteten Materialspannung, umfassend die Schritte:

- Einbringen einer Magnetisierung in eine Messzone (10) eines Bauteils;
- Erzeugen eines von der Materialspannung abhängigen und mittels eines Sensors (20) erfassbaren Magnetfelds mittels des Bauteils (1);
- Erfassen des Magnetfelds mittels eines Sensors (20);

**dadurch gekennzeichnet**, dass die Messzone (10) durch eine Bearbeitung eines Bauteilbereiches ausgebildet wird und dass durch die Bearbeitung die mechanische Stabilität (5) des Bauteils (1) im Bereich der Messzone (10) im Vergleich zu übrigen Bauteilbereichen durchgängig entweder erhöht oder reduziert wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

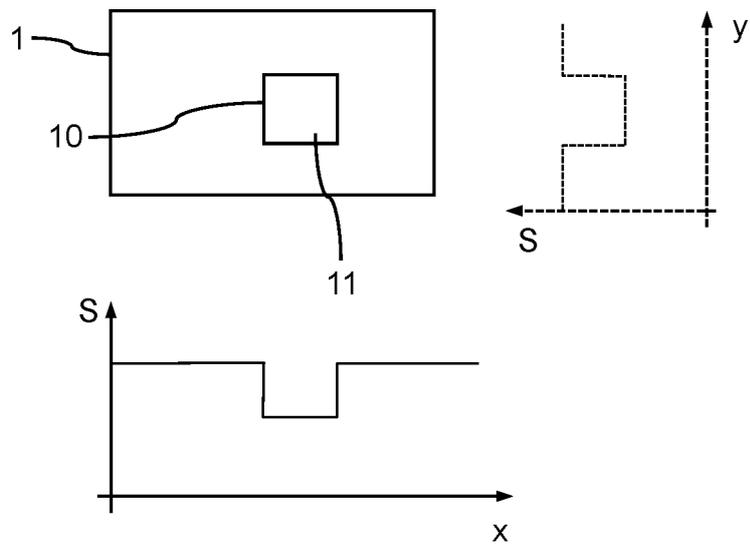


Fig. 1

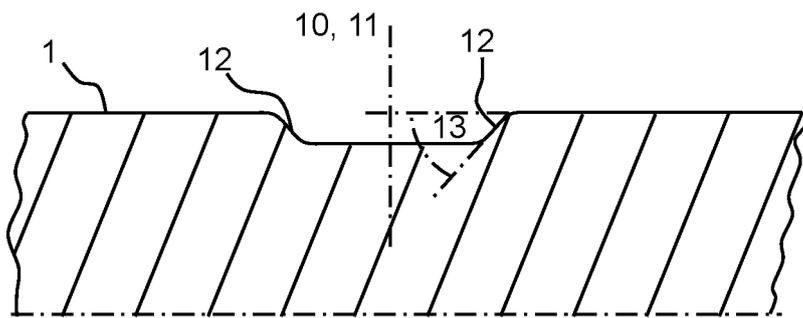


Fig. 2

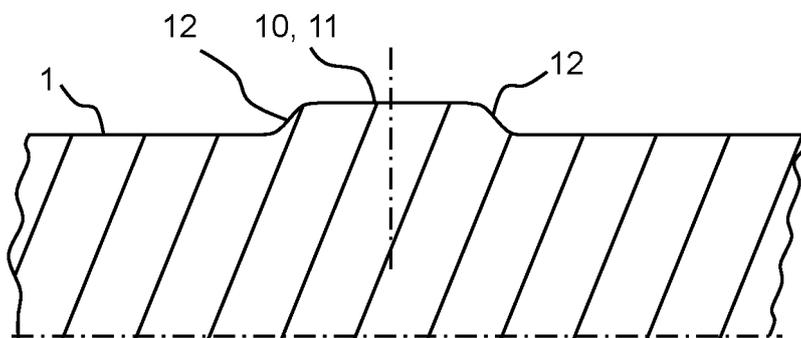


Fig. 3

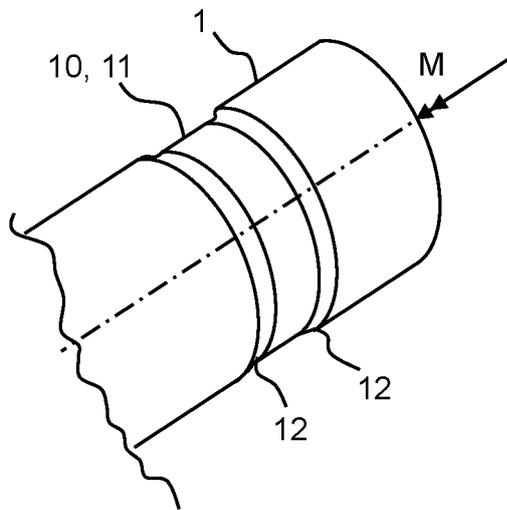


Fig. 4

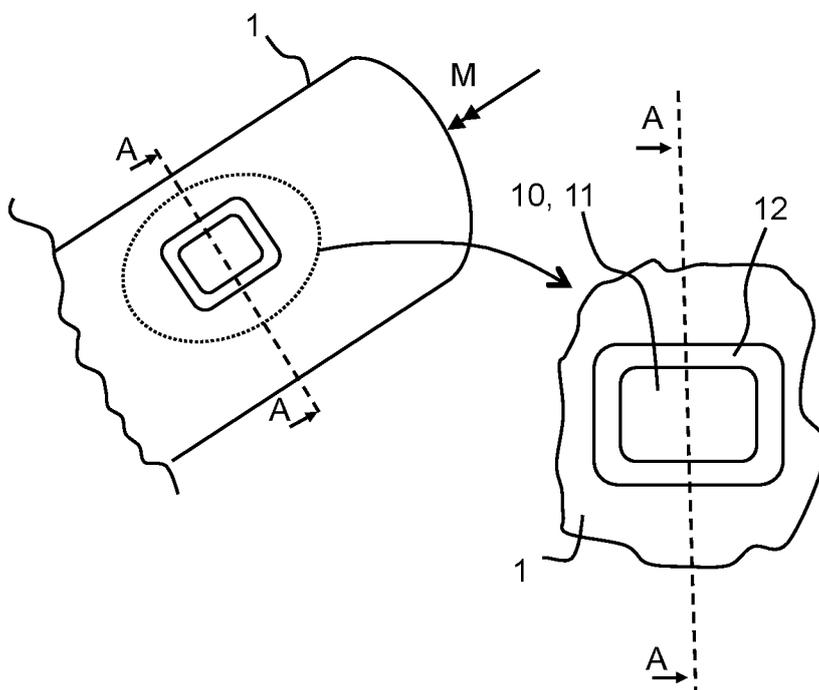


Fig. 5

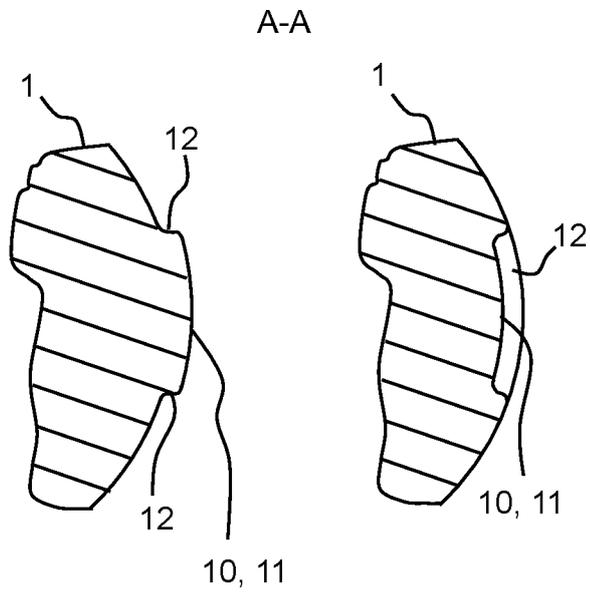


Fig. 6

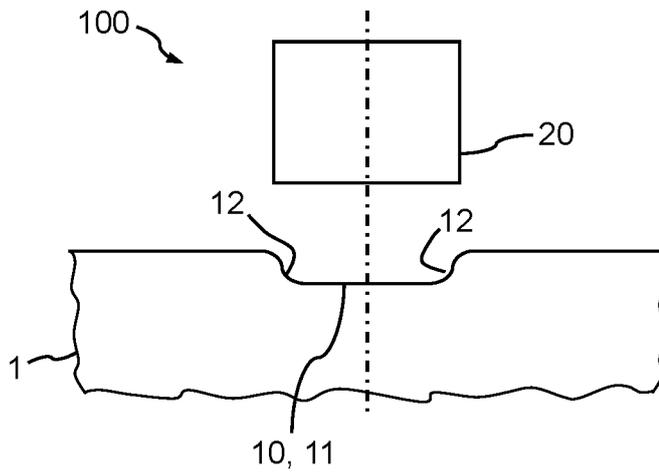


Fig. 7