



(12) Wirtschaftspatent

(11) DD 257 491 B1

Teilweise bestätigt gemäß § 18
Absatz 1 Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 01 L 1/14

DEUTSCHES PATENTAMT

(21) DD G 01 L / 299 624 1

(22) 02. 02. 87

(45) 29. 05. 91

(44) 15. 06. 88

(71) Technische Universität Karl Marx Stadt, PSF 964, O 9010 Chemnitz, DE

(72) Seidel, Hans Hermann, Dr.-Ing., Hupfer, Peter, Dr.-sc.techn., Glaser, Horst, Dipl.-Ing., DE

(54) Kapazitiver Kraftsensor

(55) Kraftsensor, kapazitiv, bauteilintegriert, Einstellmöglichkeit, Differentialkondensator, Elastomerfeder

(57) Die Erfindung betrifft einen kapazitiven Kraftsensor, der als Teil einer bauteilintegrierten Kraftmeßanordnung im Bauteil angeordnet ist und in beliebige Bauteile von Tragwerken und Maschinen einbaubar ist. Aufgabe der Erfindung ist es, einen kapazitiven Kraftsensor zu entwickeln, der eine einfache Einstellmöglichkeit gewährleistet. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem kapazitiven Kraftsensor, bestehend aus einem Gehäuse, in dem eine über einen Verbindungsbolzen mit einer Membran verbundene Mittelelektrode beweglich zwischen den Außenelektroden eines Differentialkondensators angeordnet ist, dadurch gelöst, daß in der Kraftmeßanordnung integrierte Einstellelemente mit Elastomerfedern kombiniert sind. Mit dieser Kombination wurde eine überraschend einfache Lösung gefunden, mit der der Kraftsensor an nahezu jeden beliebigen Verformungszustand des Bauteils angepaßt werden kann.

Patentanspruch:

Kapazitiver Kraftsensor, bestehend aus einem Gehäuse, bei dem eine über einen Verbindungsbolzen mit einer Membran verbundene Mittelelektrode beweglich zwischen den Außenelektroden eines Differentialkondensators angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittelelektrode (12) an einer Verlängerung (11) des Verbindungsbolzens (10) ein Einstellelement (13) aufweist, wobei zwischen dem Übergang des Verbindungsbolzens (10) und seiner Verlängerung (11) eine Elastomerfeder (14) angeordnet ist, die an der Mittelelektrode anliegt und die Außenelektroden (15) über ein weiteres Einstellelement (16) und eine weitere zwischen den Außenelektroden (15) angeordnete Elastomerfeder (17) einstellbar angeordnet sind.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen kapazitiven Kraftsensor, der als Teil einer bauteilintegrierten Kraftmeßanordnung im Bauteil angeordnet ist, und mit geringem technologischen Aufwand und in beliebige Bauteile von Tragwerken und Maschinen einbaubar ist

Die Anwendung ist sowohl im Maschinenbau, Fahrzeug- und Anlagenbau als auch im Bauwesen oder Kranbau und dgl. möglich

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannt ist eine Lösung zur bauteilintegrierten Messung der Belastung. In der Offenlegungsschrift DE 2835614 wird ein Verfahren zur Messung von Normalkomponenten von Kräften für biegebelastete kurze Träger oder Achsen, die eine durchgehende Mittelbohrung aufweisen müssen, dargelegt. Zug- und Druckbelastung von Bauteilen können nicht nach diesem Verfahren gemessen werden, was eine erhebliche Einschränkung darstellt. Die Einrichtung ist nicht für eine kapazitive Meßwertwandlung geeignet, so daß nicht deren Vorteile, wie hohe Genauigkeit und Empfindlichkeit, digitaler Ausgang und Computerkompatibilität genutzt werden können.

In der Offenlegungsschrift DE 2758986 wird eine kapazitive Kraftmeßeinrichtung beschrieben, die aus einem elastischen Körper zur Aufnahme einer zu messenden Kraft mit einem Meßhohlraum quer zur Krafttrichtung besteht. Im Meßhohlraum ist ein Elektrodenträger mit 4 Elektroden angebracht, die der Innenwand des Meßhohlraumes gegenüberstehen. Bei Belastung ändert sich die Form der Innenwand in verschiedenen Richtungen, was in einer nicht näher beschriebenen Differential-Kapazitätsmeßvorrichtung ausgewertet wird. Es ist einzuschätzen, daß dieses Prinzip für eigenständige Kraftmeßdosens, aber wegen der speziellen Gestaltung nicht für eine bauteilintegrierte Kraftmessung geeignet ist, daß nur sehr geringe Elektrodenabstandsänderungen auftreten, daß somit sehr kleine Elektrodenabstände eingestellt werden müssen oder die Empfindlichkeit der Kraftmessung sehr gering ist und daß schließlich wegen der Krümmung der Innenwand des Hohlraumes eine Linearität zwischen Kraft und Kapazitätsänderung nicht zu erwarten ist. In der Offenlegungsschrift DE 2948165 wird ein kapazitiver, insbesondere auf Kraft ansprechender Wandler beschrieben, der nach dem Resonanzfrequenzverfahren arbeitet und damit keine lineare Kennlinie aufweist. Die Auslenkung einer flexiblen Membran mit Elektrodenfilm gegenüber einer ebenen Platteneinrichtung mit Gegenelektroden verändert den Spalt zwischen beiden, aber wegen der Krümmung der Membran ist der Zusammenhang zwischen Auslenkung und Kapazitätsänderung nicht linear, so daß eine automatische Meßwerterfassung nur mit Kunstgriffen möglich ist. Der geringe Spalt von 25,4 µm im Vakuum weist die Einrichtung als zu empfindlich für den Einbau in den Kraftnebenschuß von Maschinen als technologisch aufwendig und den Elektrodenabstand als nicht justierbar aus.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine kapazitive bauteilintegrierte Kraftmeßanordnung zu schaffen, die mit geringem Aufwand in belastete Maschinen und Tragwerkteile eingebaut werden kann und in der Lage ist, eine schnelle und hinreichend genaue Messung von Kräften ohne Beeinflussung durch Umweltfaktoren zu ermöglichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen kapazitiven Kraftsensor für eine in vorwiegend einachsig belastete Maschinen- und Tragwerkteile ohne wesentliche Querschnittsschwächung integrierbare kapazitive Kraftmeßanordnung zu entwickeln, der eine einfache Einstellmöglichkeit gewährleistet und somit an nahezu jeden beliebigen Verformungszustand des Bauteils angepaßt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem kapazitiven Kraftsensor, bestehend aus einem Gehäuse, bei dem eine über einen Verbindungsbolzen mit einer Membran verbundene Mittelelektrode beweglich zwischen den Außenelektroden eines Differentialkondensators angeordnet ist, dadurch gelöst, daß die Mittelelektrode an einer Verlängerung des Verbindungsbolzens ein Einstellelement aufweist, wobei zwischen dem Übergang des Verbindungsbolzens und seiner Verlängerung eine Elastomerfeder angeordnet ist. Diese liegt an der Mittelelektrode an. Die Außenelektroden sind über ein weiteres Einstellelement und eine weitere, zwischen den Außenelektroden angeordnete Elastomerfeder ebenfalls einstellbar angeordnet.

Der kapazitive Kraftsensor zur bauteilintegrierten Kraftmessung ist in einem definiert großen, vorzugsweise ringförmigen Hohlraum des Bauteils angeordnet. Die Übertragung der kraftproportionalen Längenänderung des Bauteils auf den Kraftsensor erfolgt über einem nach Durchmesser und Länge definierten Stift. Dieser ist in einer Einspannstelle mit dem Bauteil fest verbunden. Das andere Ende des Stiftes ist über ein Einstellelement mit dem Verbindungsbolzen des kapazitiven Kraftsensors

verbunden, dessen Gehäuse mittels eines vorzugsweise lösbaren Einspannelementes im Hohlraum arretiert ist. Der vorstehende Zapfen ist an einem Ende mit dem Stift verschraubt oder liegt mit einer gewissen Vorspannung frei, aber in radialer Richtung geführt, an diesem an. Am anderen Ende des Zapfens ist ein biege- und drucksteifer Verbindungsbolzen angebracht bzw. sind Zapfen und Verbindungsbolzen vorteilhaft aus einem Teil gefertigt. Dieser Verbindungsbolzen steht mit einer nach Länge und Dicke an die zu messende Kraft angepaßten Platte oder Membran in Verbindung, so daß auf einfache Weise eine querkräftfreie Kraftübertragung auf die ebenfalls am Verbindungsbolzen befestigte, an sich bekannte Mittelelektrode des Differentialkondensators möglich ist. Zu den zugehörigen, an sich bekannten, elektrisch isolierten und im Gehäuse fest angeordneten Außenelektroden wird die Mittelelektrode mittels eines ersten Einstellelementes gegen eine erste Elastomerfeder feinfühlig eingestellt. Damit ist eine an nahezu jeden beliebigen Verformungszustand des Bauteiles anpaßbare Kraftmeßanordnung in das Bauteil integriert, da mittels eines zweiten Einstell- und/oder Paßelementes und einer zweiten Elastomerfeder auch die Außenelektroden axial justierbar sind und damit eine Einstellung des linearen Meßbereiches des Differentialkondensators bei und/oder Zugkräften erreichbar ist. Durch diese Kombination an sich bekannter Elemente wird eine überraschend einfache, bauteilintegrierte Kraftmeßanordnung geschaffen, die mittels der zugehörigen kapazitiven Auswerteschaltung direkt an einen Mikrorechner oder eine Überwachungseinrichtung koppelbar ist. Durch entsprechende Werkstoffwahl für mindestens Stift, Verbindungsbolzen, Gehäuse und Elektroden, die sich nach dem Bauteil 1 richtet, wird der Temperatureinfluß beseitigt bzw. auf ein das Meßergebnis nicht beeinflussendes Maß reduziert.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert werden, wobei die zugehörigen Zeichnungen zeigen

Fig. 1: Kapazitive, bauteilintegrierte Anordnung (beliebiges Bauteil)

Fig. 2: Anordnung in definiertem Verformungskörper

Fig. 3: Aufbau des integrierten kapazitiven Kraftsensors

Figur 1 zeigt das Prinzip der kapazitiven bauteilintegrierten Kraftmeßanordnung, wobei ein druckkraftbelastetes Bauteil 2 vorausgesetzt wird. Das Bauteil 2 erhält eine Bohrung, an deren Ende an einer Einspannstelle 5 ein Stift 4 justierbar befestigt ist. Am zugänglichen Ende der Bohrung wird der Primärwandler 3 befestigt, dessen wesentlicher Bestandteil ein Differentialkondensator, bestehend aus den Außenelektroden 15 und der mittels Membran 9 geführten Mittelelektrode 12, ist (Figur 3). Die zwischen der Verlängerung 11 des Verbindungsbolzens 10 am Primärwandler 3 und der Einspannstelle 4 auftretende kraftanaloge Verformung des Bauteiles 2 wird somit vollständig als Plattenabstandsänderung des Differentialkondensators wirksam und erzeugt damit in der kapazitiven Auswerteschaltung 18 ein kraftproportionales elektrisches Ausgangssignal 19, wenn die Außenelektroden 15 und die Mittelelektrode 12 entsprechend justiert sind. Dazu wird der Abstand der Außenelektroden 15 mittels Einstell- und/oder Paßelement 16 gegen die Wirkung einer Elastomerfeder 17 entsprechend verändert. Die Lage der Mittelelektrode 12 kann mittels Einstellelement 10, z.B. Differentialgewinde, gegen die Wirkung einer Elastomerfeder 14 axial justiert werden.

Querkräfte und Biegemomente beeinflussen das Meßergebnis nicht, wenn der Abstand zwischen Differentialkondensator und Membran 9 gering ist. Der Temperatureinfluß verschwindet, wenn alle in der Meßkette liegenden Bauelemente, z.B. Stift 4, Gehäuse 8, Verbindungsbolzen 10 u. a. aus dem gleichen Werkstoff bestehen wie das Bauteil 1.

Für ausschließlich Druckkraftmessung kann der Stift 4 auf der Verlängerung 11 des Verbindungsbolzens 10 frei aufliegen; die Membran 9 erhält in diesem Fall eine Vorspannung in Kraftrichtung.

Figur 2 zeigt die kapazitive, bauteilintegrierte Kraftmeßanordnung, eingebaut in ein geometrisch definiertes zylindrisches oder prismatisches Bauteil 1, wodurch eine an verschiedene Meßbereiche anpaßbare, mobile Kraftmeßanordnung geschaffen ist.

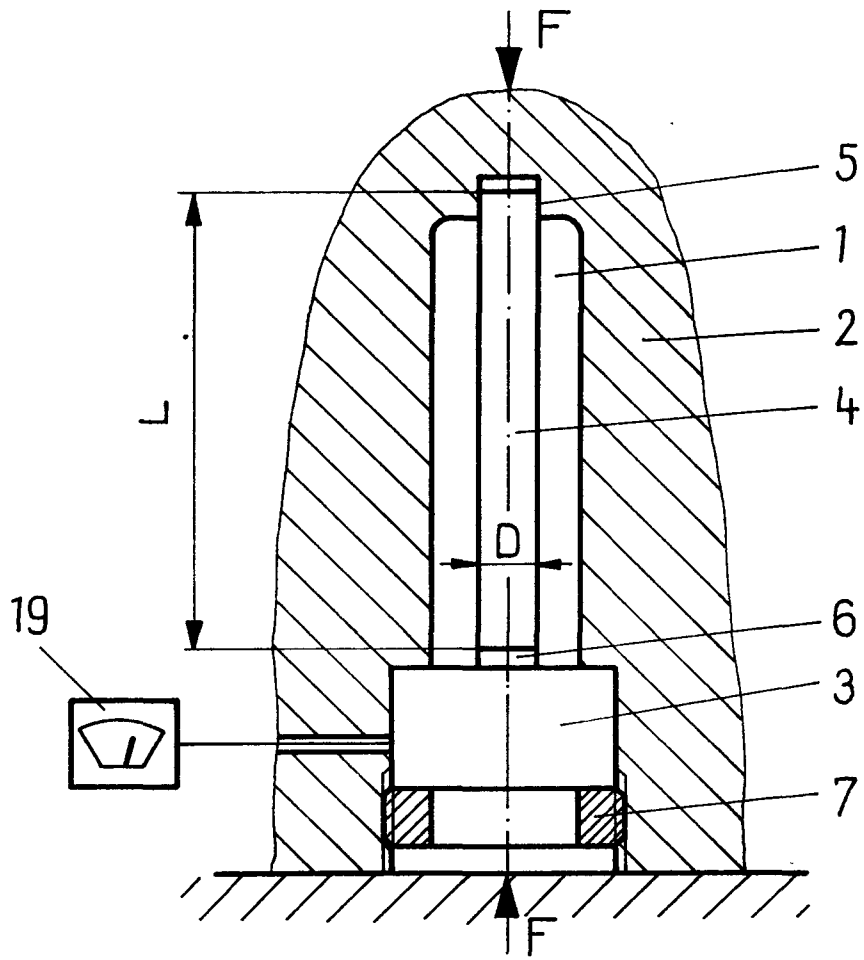


Fig. 1

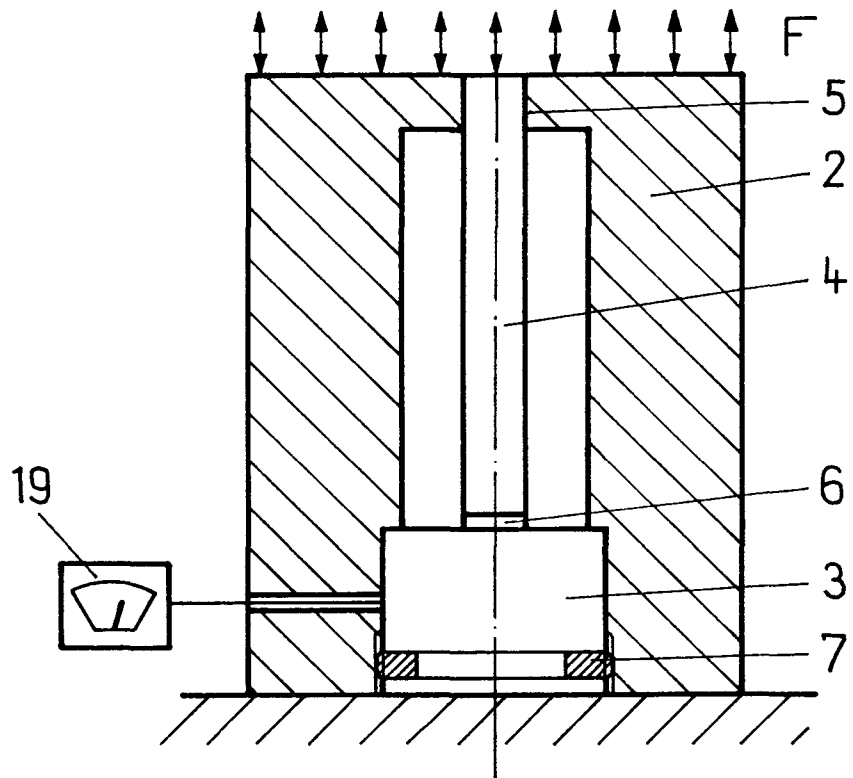


Fig. 2

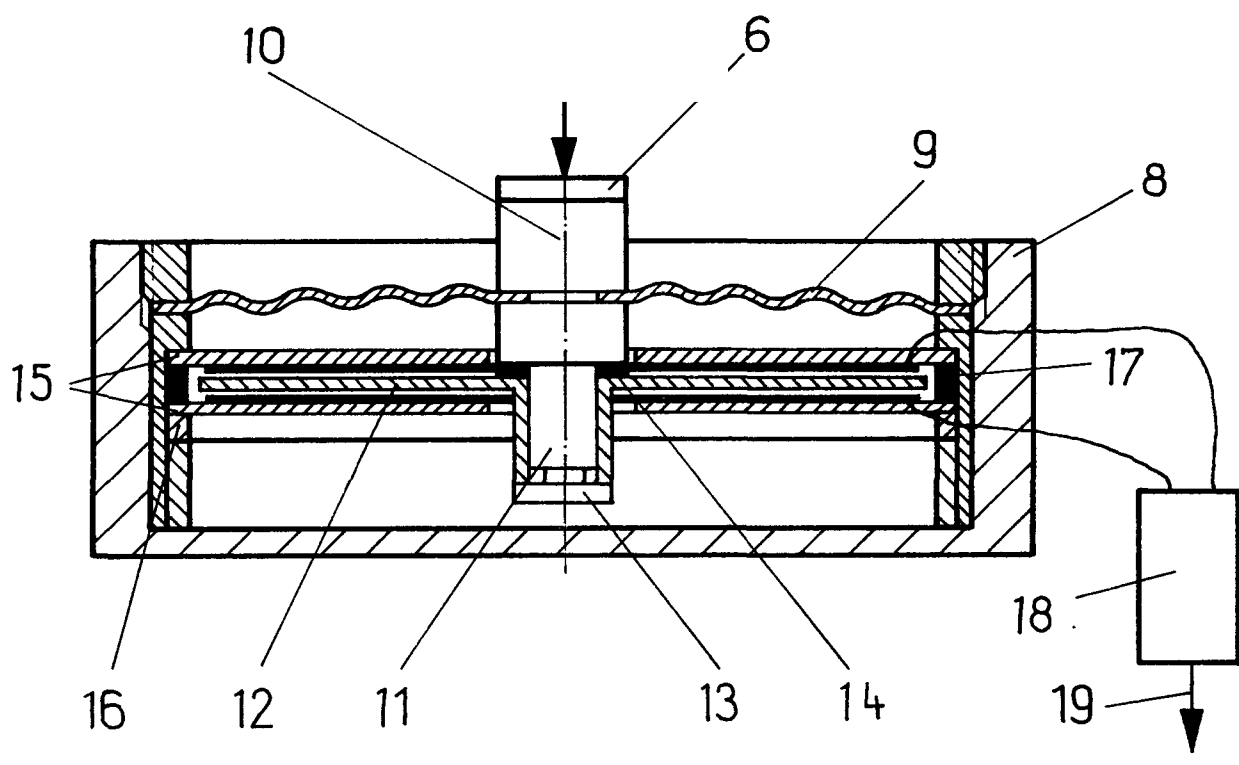


Fig. 3