



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK  
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

# PATENTSCHRIFT 95 465

## Wirtschaftspatent

Bestätigt gemäß § 6 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

Int. Cl.3

(11) 95 465 (45) 23.07.80 (35) G 01 B 21/00  
(21) WP G 01 b / 160 848 (22) 10.02.72  
(44)<sup>1)</sup> 05.02.73

---

(71) siehe (72)  
(72) Schreppel, Ulrich, Dipl.-Ing., DD  
(73) siehe (72)  
(74) Dr.-Ing. Ulrich Zimmermann, Technische Hochschule Otto von Guericke Magdeburg,  
Büro für Neuererwesen, 3010 Magdeburg, Boleslaw-Bierut-Platz 5

---

(54) Meßwandler

---

12 Seiten

<sup>1)</sup> Ausgabetug der Patentschrift für das gemäß § 5 Absatz 1 AndG zum PatG erteilte Patent

100 100 100 100

Die Erfindung betrifft einen berührungslos arbeitenden elektrischen Meßwandler, dessen Ausgangsfrequenz sich in Abhängigkeit vom Abstand zwischen einer Meßfläche und einem metallischen Meßobjekt ändert, insbesondere zur zeitlichen Erfassung von Konturänderungen des Meßobjektes bei der Untersuchung des Materialverhaltens bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten nach dem Prinzip der geteilten Hopkinson'schen Stange.

Bei der Untersuchung des Materialverhaltens bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten mit Hilfe des Prinzips der geteilten Hopkinson'schen Stange wird auf die Stirnseite der einen Stangenhälfte ein Spannungsimpuls aufgebracht, der sich in Längsrichtung der Stangenhälfte bis zur anderen Stirnseite der Stange und von hier über ein eingebrachtes Probestück auf die zweite Stangenhälfte ausbreitet. Der Spannungsimpuls, der den elastischen Bereich des Stangenmaterials nicht überschreiten darf, bewirkt eine elastische Dehnung in der Stange und gemäß der Poisson'schen Gleichung auch eine Vergrößerung ihres Durchmessers, die als ringförmige Wulst in Längsrichtung über die Stangenhälften läuft. Durch Messen der Form und Größe dieser Vergrößerung des Durchmessers bzw. des zeitlichen Verlaufes der Durchmesseränderung in beiden Stangenhälften lassen sich Rückschlüsse auf das Materialverhalten der zwischen die Stangenhälften eingebrachten Materialprobe bei unterschiedlicher Verformungsgeschwindigkeit ziehen.

Es ist bekannt, die Änderung des Durchmessers der Hopkinson'schen Stange mit Hilfe eines kapazitiven Wandlers, der einerseits durch die Stange selbst und andererseits durch den Stab umschließende schmale Metallringe gebildet wird, zu messen. Dabei sind auf jeder Stangehälfte jeweils drei Metallringe unmittelbar nebeneinander angeordnet. Der zwischen jedem Metallring und der Stange erforderliche Luftspalt darf bei einem Durchmesser der Stange von beispielsweise 20 mm nur ca. 0,2 mm betragen und muß auf den Umfang bezogen an jeder Stelle gleich groß sein. An jeder Meßstelle müssen drei hinsichtlich Luftspalt bzw. Durchmesser und Breite völlig gleiche Metallringe angeordnet werden. Die Metallringe führen im Ruhezustand das gleiche Potential, und zwischen ihnen und der Stange muß sich die gleiche Feldstärke ausbilden. Zur Messung der Durchmesseränderung jedoch wird nur der mittlere Metallring verwendet. Die beiden äußeren Metallringe dienen nur der Ausschaltung von die Meßwerte verfälschenden Feldinhomogenitäten an den Rändern des Meßringes. Außerdem sind die beiden äußeren Metallringe für die Eichung des Meßwandlers unbedingt erforderlich, da das statische Aufnehmen einer Eichkurve infolge der auftretenden Feldinhomogenitäten nicht oder nur mit erheblichem technischen und ökonomischen Aufwand möglich ist. Erst durch das Anordnen von drei Metallringen läßt sich der Zylinderkonfensator zur

Ermittlung der notwendigen Eichkurve mit ausreichender Genauigkeit mathematisch behandeln.

Infolge der hohen Anforderungen an die Maßhaltigkeit und Oberflächengüte der Metallringe und der geteilten Stange ergibt sich ein unvertretbar hoher Fertigungsaufwand bei der Herstellung und Montage der Vorrichtung. Nachteilig ist ferner, daß die hohen Anforderungen an die Maßhaltigkeit der Metallringpaarungen nur durch Auswahl der benötigten Anzahl aus einer Vielzahl von mit hohem Aufwand gefertigten Ringen erfüllt werden können. Weiterhin ist nachteilig, daß dieser mit großem Aufwand hergestellte kapazitive Wandler nur für diesen einen Verwendungszweck - nämlich zur Untersuchung des Materialverhaltens nach dem Prinzip der geteilten Hopkinson'schen Stange - einsetzbar ist.

Ein weiterer Nachteil ist, daß es infolge der Verwendung von Kondensatorringen nicht möglich ist, die Ausbildung der mit der Spannungswelle verbundenen Durchmesseränderung bezogen auf den Umfang der zu vermessenden Stange zu untersuchen, d. h. es wird vorausgesetzt, daß die als ringförmige Wulst über die Stange laufende Spannungswelle rotationssymmetrisch ist.

Es ist weiterhin bekannt den Abstand bzw. Abstandsänderungen mit Hilfe von Mikrowellen zu messen. Hierbei befindet sich ein auf einer Seite offener hutförmiger Körper in einem bestimmten Abstand vor einer zu vermessenden Metalloberfläche. Die Resonanzfrequenz

des auf diese Weise gebildeten Mikrowellenresonators ist abhängig vom Durchmesser des Resonators und vom Abstand zwischen Resonator und Metalloberfläche.

Nachteilig hierbei ist jedoch, daß derartige Resonatoren einen verhältnismäßig großen Hohlraumdurchmesser haben müssen, um die auftretenden Grenzfrequenzen, die nach der Theorie für Hohlleiter eine Funktion des Durchmessers sind, nicht so groß werden zu lassen, daß sie technisch nicht mehr oder nur mit erheblichem Aufwand zu beherrschen sind. Da für Untersuchungen mit Hilfe der Hopkinson'schen Stange jedoch Hohlraumdurchmesser von wenigen Millimetern notwendig sind, würden sich Grenzfrequenzen von ca.  $10^{11}$  Hertz ergeben, deren Auswertung einen unvertretbar hohen Aufwand erfordern. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß sehr kleine im Mikrometerbereich liegende Abstandsänderungen zwischen dem hutförmigen Resonanzkörper und der Metalloberfläche infolge der verhältnismäßig großen Bauhöhe des Resonators von mehreren Zentimetern nicht meßbar sind, da sich der Meßeffekt bzw. eine Änderung der Ausgangsfrequenz aus der Veränderung der Gesamthöhe des Resonatorhohlraumes ergibt. Aus den vorstehend genannten Gründen sind Mikrowellenresonatoren zur Untersuchung des Materialverhaltens nach dem Prinzip der Hopkinson'schen Stange nicht geeignet.

Es ist Zweck der Erfindung, einen elektrischen Meßwandler zu entwickeln, der bei möglichst geringem Fertigungs-,

Montage- und Eichaufwand ein erweitertes Anwendungsbereich besitzt und gegenüber Hohlraumresonatoren einen geringeren Aufwand für die nachgeordnete Auswerteinrichtung erfordert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektrischen Meßwandler zu schaffen, der einen einfachen konstruktiven Aufbau besitzt und mit dem sowohl größere als auch sehr kleine im Bereich von 0,1 Mikrometer liegende langsam oder sehr schnell mit Anstiegszeiten in der Größenordnung kleiner als eine Mikrosekunde verlaufende Abstandsänderungen zwischen der Meßfläche des Meßwandlers und einer Metallocberfläche meßbar sind. Außerdem sollen insbesondere beim Einsatz als Meßwandler zur Untersuchung des Materialverhaltens bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten nach dem Prinzip der geteilten Hopkinson'schen Stange die Geometrie und die Maßhaltigkeit der zu vermessenden Oberfläche von geringerem Einfluß sein. Weiterhin soll es möglich sein, die Meßfläche des Meßwandlers verhältnismäßig klein auszubilden, und den Einfluß von parasitären Kapazitäten auf das Meßergebnis auszuschalten. Schließlich soll es möglich sein, in Umfangsrichtung des zu vermessenden Objektes gesehen, an mehreren Stellen getrennt Meßwerte zu erfassen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein an sich bekannter koaxialer Topfkreis einen in axialer

Richtung spielfrei verstellbaren Innenleiter aufweist, dessen Stirnfläche als Meßfläche ausgebildet und einer zu vermessenden metallischen Oberfläche zugeordnet ist und daß die Resonanzfrequenz in an sich bekannter Weise einer Auswerteinrichtung zuführbar ist.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Die dazugehörige Zeichnung zeigt den Meßwandler in einer dazugehörigen Vorrichtung als Längsschnitt, insbesondere zur Messung von axial in geteilten Hopkinson'schen Stangen laufenden Spannungswellen.

Die zu vermessenden Hopkinson'schen Stangen 1 verlaufen senkrecht zur Zeichenebene. Auf die Stangen 1 sind Aufnahmeverrichtungen 2, die die Stangen 1 mit großem Spiel umschließen, aufgesetzt und durch Spannschrauben 3 verspannt. Um einen festen Sitz auf den Stangen 1 und gleichzeitig aber auch das ungehinderte Durchlaufen der mechanischen Spannungswellen zu gewährleisten, sind in dem Spalt zwischen den Stangen 1 und den Aufnahmeverrichtungen 2 dünne schmale Teflonringe 4 angeordnet. In die Aufnahmeverrichtungen 2 fest eingeschraubt sind die Meßwandler. Sie bestehen im wesentlichen aus einem metallischen Gehäuse 5 und einem Innenleiter 6. Der Innenleiter 6 ist mit einem Führungsstück 7, welches sich durch eine Stellschraube 8 und eine Druckfeder 9 spielfrei axial verschieben läßt, fest verbunden. Die Stirn-

fläche 10 des Innenleiters 6 bildet mit dem entsprechenden Oberflächenteilstück der Stangen 1 eine Kapazität. Diese Kapazität ist ein Maß für den Abstand zwischen der als Meßfläche dienenden Stirnfläche 10 des Innenleiters 6 und einer, in diesem Anwendungsfall durch die Hopkinson'schen Stangen 1 gebildeten, Metallocberfläche und liefert je nach Größe des Abstandes unterschiedliche Meßwerte. Da diese Kapazität jedoch sehr klein ist und deshalb höchstens nur indirekt bestimmt werden kann, wird direkt die auftretende Resonanzfrequenz als Maß für den Abstand registriert. Das Abnehmen der Frequenz vom Innenleiter 6 geschieht mit Hilfe nicht dargestellter bekannter Mittel. Die statische Ermittlung der unterschiedlichen Resonanzfrequenzen bei unterschiedlichen Abständen, d. h. das Eichen des Meßwandlers, kann in einfacher Weise folgendermaßen geschehen:  
Der Innenleiter 6 wird mit Hilfe der Stellschraube 8 in axialer Richtung solange verstellt, bis die Stirnfläche 10 des Innenleiters 6 elektrischen Kontakt mit der Hopkinson'schen Stange 1 hat. Dieser mechanische Berührungspunkt, der elektrisch angezeigt wird, ergibt die Nullstellung. Durch langsames Vergrößern des Abstandes zwischen der Stirnfläche 10 des Innenleiters 6 und der Hopkinson'schen Stange 1, wobei die Verstellung durch eine Meßuhr ständig registriert wird, und durch Aufzeichnen der Resonanzfrequenz des Meßwandlers in

Abhängigkeit der verschiedenen Abstände, kann der Meßwandler auf einfache Weise für die dynamische Messung geeicht werden. Da die erzielte Eichkurve über einen großen Bereich gekrümmmt ist, ergibt sich für dynamische Messungen in einem kleinen Bereich eine unterschiedliche Empfindlichkeit. Durch Einstellen eines entsprechenden festen Ruheabstandes für die dynamischen Messungen kann also gleichzeitig die Empfindlichkeit des Meßwandlers beeinflußt werden.

Ein wesentlicher Vorteil bei der Anwendung dieses Meßwandlers für Versuche mit der geteilten Hopkinson'schen Stange gegenüber den Ringkondensatoren besteht neben der einfachen Fertigung, Montage und Eichung besonders auch darin, daß nur die dem Innenleiter 6 gegenüberliegende Fläche eine gute Oberflächengüte - allerdings mit geringeren Anforderungen als bei der Verwendung von Ringkondensatoren - aufweisen muß.

Der Einsatz des Meßwandlers ist jedoch nicht nur auf diesen einen Anwendungsfall für runde Hopkinson'sche Stangen beschränkt. Durch Veränderung der Aufnahmeverrichtung bzw. durch Verwendung einer anderen universellen Aufnahmeverrichtung ist es auch möglich, die Ausbildung und den Verlauf von Spannungswellen bzw. Abstandsänderungen an verschieden profilierten Stäben zu messen. Darüber hinaus ist es auch denkbar, den Meßwandler zur Dickenmessung von z. B. schnellbewegten metallischen

Profilen beispielsweise in Walzwerken oder beim Ziehen von Drähten und Profilen einzusetzen. Ein weiteres infrage kommendes Anwendungsgebiet könnte das Messen von sehr kleinen Schwingungen mit hoher Frequenz an Bauteilen sein.

Beim Einsatz des Meßwandlers für die vorstehend genannten Anwendungsbereiche ist es auch denkbar, den Innenleiter, insbesondere die als Meßfläche ausgebildete Stirnfläche, zu vergrößern. Dadurch erhöht sich die Empfindlichkeit des Meßwandlers wesentlich, bzw. es ist unter Erreichung gleichwertiger Meßergebnisse möglich, den Abstand zwischen Meßfläche und vermessender Metalloberfläche größer zu wählen. Diese vorteilhafte Ausführungsform des Meßwandlers ist allerdings nur dort einsetzbar, wo nur geringere Anforderungen an das Auflösungsvermögen gestellt werden.

**Patentanspruch:**

Berührungslos arbeitender elektrischer Meßwandler, dessen Ausgangsfrequenz sich in Abhängigkeit vom Abstand zwischen einer Meßfläche und einem metallischen Meßobjekt ändert, insbesondere zur zeitlichen Erfassung von Konturänderungen des Meßobjektes bei der Untersuchung des Materialverhaltens bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten nach dem Prinzip der geteilten Hopkinson'schen Stange, dadurch gekennzeichnet, daß ein an sich bekannter koaxialer Topfkreis einen in axialer Richtung spielfrei verstellbaren Innenleiter (6) aufweist, dessen Stirnfläche (10) als Meßfläche ausgebildet und einer zu vermessenden metallischen Oberfläche zugeordnet ist und daß die Resonanzfrequenz in an sich bekannter Weise einer Auswertierichtung zuführbar ist.

Hierzu 7. Blatt Zeichnungen

-11- 160648

