



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

210 976

Int.Cl.³

3(51) G 01 L 23/18

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 L/ 2440 957

(22) 19.10.82

(44) 27.06.84

(71) VEB GASKOMBINAT SCHWARZE PUMPE, STAMMBETRIEB;DD;
(72) IRMSCHER, ILJA,DR.-ING.;EXNER, REINHARD;STRUEDINGER, MANFRED,DIPL.-ING.;DD;

(54) VERFAHREN ZUR DRUCKMESSUNG AN HUBKOLBENMOTOREN

(57) Die Erfindung bezieht sich auf Hubkolbenmaschinen, insbesondere jedoch auf Verbrennungsmotoren. Ziel und Aufgabe der Erfindung sind die Messung des dynamischen Druckes, insbesondere in den Zylindern von Verbrennungsmotoren, ohne dabei eine mechanische Schwächung von Bauteilen vornehmen zu müssen und ohne das Verbrennungsverfahren selbst negativ zu beeinflussen. Das Wesen der Erfindung liegt darin, daß die Verformung vorzugsweise über unmittelbar am Zylinderkopfboden angeordnete Dehnmeßstreifen gemessen wird und der gewonnene Meßwert direkt genutzt werden kann, da sich die Verformung des Zylinderkopfbodens meistens linear zum Zylinderdruck verhält. Eventuelle Meßwertverfälschungen durch Eigenfrequenzen und Wärmeeinflüsse werden entsprechend eliminiert. Die Meßergebnisse werden durch eine entsprechende Schaltung direkt ablesbar gemacht.

Titel der Erfindung

Verfahren zur Druckmessung an Hubkolbenmaschinen

Anwendungsgebiet der Erfindung

- Anwendungsgebiet der Erfindung sind Hubkolbenmaschinen
5 und weiter unter Druck stehende abgeschlossene Behälter,
an denen hohe dynamische Drücke gemessen werden sollen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

- Die bisher üblichen Verfahren für die Messung des Druckes
in den Zylindern von Hubkolbenmaschinen, insbesondere da-
10 bei Hubkolbenverbrennungsmotoren, und in den anderen im
Anwendungsgebiet genannten Behältern sind dadurch gekenn-
zeichnet, daß sie einen mechanischen Eingriff in den Zy-
linderraum bzw. Innenraum des Druckbehälters, in der Regel
durch Anlegung eines Meßkanals zum Anschluß eines zumeist
15 piezoelektrischen Meßgebers erforderlich machen. Diese Ver-
fahren haben die Nachteile, daß sie im gewissen Maß bei-
spielsweise bei Hubkolbenverbrennungsmotoren den eigent-
lichen Verbrennungsvorgang beeinflussen, und daß ein stö-
render mechanischer, aus räumlichen Gründen nicht immer
20 möglicher Eingriff vorzunehmen ist, bei dem eine Schwächung
des Zylinderkopfes auftritt. Weiterhin beeinflußt der Kanal
die Messung selbst.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat das Ziel, eine Lösung zur Messung des dynamischen Druckes, insbesondere in den Zylindern von Verbrennungsmotoren zu finden, ohne die Nachteile der bisherigen Verfahren zu wiederholen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Möglichkeit zur Messung des dynamischen Druckes, insbesondere in den Zylindern von Verbrennungsmotoren zu finden, ohne dazu eine mechanische Schwächung von Bauteilen vornehmen zu müssen und ohne das Verbrennungsverfahren selbst negativ zu beeinflussen.

Bei der Motorenentwicklung sowie bei der Überprüfung von Großmotoren ist die Messung des dynamischen Druckes im Zylinder (Druckindizieren) unentbehrlich, weil sie genauere Aussagen über den Verbrennungsprozeß gestattet. Im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Verfahren soll die Messung ohne mechanischen Eingriff in den Zylinderraum realisiert werden.

Der Grundgedanke des Verfahrens beruht auf der Messung der Verformung insbesondere plattenartiger Bereiche des Zylinderkopfbodens bei Vorhandensein eines entsprechenden Innendruckes im Zylinder. Die Messung wird aber im Gegensatz zu den bekannten Druckmeßverfahren nach dem Verformungsprinzip nicht indirekt (zum Beispiel über eine Meßmembran), sondern direkt durchgeführt. Dabei dient der Zylinderkopfboden als Meßmembran. Da der Zylinderkopf in der Regel aus metallischem Werkstoff gefertigt ist, und die Verformungen unterhalb der Streckgrenze liegen, ist die Verformung linear zum Zylinderdruck. Bei keramischen oder anderen Werkstoffen des Zylinderkopfes ist die entsprechende Verformungskennlinie zu berücksichtigen. Die Messung der Verformung erfolgt vorzugsweise über Dehnmeßstreifen,

55 ist aber auch durch andere Verfahren (z. B. induktiv, kapazitiv, piezoelektrisch) möglich. Günstig lassen sich elektrische Signale auswerten.

Das Meßsignal wird vorzugsweise elektronisch ausgewertet. Das Meßsignal, d. h. der Verformungsweg, wird durch einen
60 Meßwertgeber erfaßt. Unmittelbar an diesem Meßwertgeber wird durch einen Temperaturgeber dessen Temperatur gemessen, um im folgenden Rechenglied eine Temperaturkompensation für den wärmebedingten Meßfehler des Meßwertgebers durchführen zu können. Der Effekt der Temperaturkompensation kann auch z. B. durch eine geeignete Brückenschaltung erreicht werden, wobei die entsprechenden Bauelemente an der Meßstelle anzuordnen sind. In einem schaltungstechnisch folgenden Filter werden die Frequenz(en) der Eigenschwingungen des Zylinderkopfbodens aus dem Meßsignal erforderlichlichenfalls eliminiert. In einem Rechenglied wird
70 die Temperaturkompensation für das Elastizitätsmodul des Zylinderkopfbodens durchgeführt. Dabei wird die vom Meßwertgeber signalisierte Oberflächentemperatur des Zylinderkopfbodens als repräsentative Temperatur zugrunde gelegt.
75 Da diese Temperaturmessung wegen des Temperaturgefälles im Zylinderkopfboden nicht exakt ist, muß das zeitliche und räumliche Temperaturfeld bei der Eichung und Messung berücksichtigt werden. Die Temperaturkompensation für das Signal des Meßwertgebers und das Elastizitätsmodul des
80 Zylinderkopfbodens kann auch kombiniert über einen Temperaturgeber erfolgen. In einem Meßverstärker wird erforderlichenfalls das Signal so verstärkt, daß es für die Anzeige und/oder Aufzeichnung in einer Ausgabeeinheit geeignet ist. Für die optische Ausgabe werden vorzugsweise Oszillografen oder andere Bildschirmsichtgeräte verwendet, die
85 die gleichzeitige Darstellung weiterer dynamischer Größen ermöglichen. Die Aufzeichnung kann z. B. fotografisch vom Bildschirm oder durch andere übliche Verfahren wie Magnetband, Magnetspeicher usw. erfolgen.

90 Zur Abstimmung des Filters auf die Eigenfrequenzen des Zylinderkopfbodens wird die Meßanordnung ohne das Filter

aufgebaut bzw. das Filter überdruckt. Nunmehr wird der Zylinderkopfboden (montiert am Motor) durch einen kurzzeitig aufgebrauchten Impuls (z. B. plötzliche Druckänderung im Zylinder, mechanisches Aufschlagen an eine geeignete Stelle am Zylinderkopf o. ä.) zum Schwingen angeregt. Die auftretenden Schwingungen erfolgen nach dem Erregungsimpuls in der (den) Eigenfrequenz(en) des Zylinderkopfbodens. Die auszufilternden Eigenfrequenzen sind dem Meßergebnis, das eine Ausgabeneinheit ausgibt, zu entnehmen. Da die Eigenfrequenz(en) des Zylinderkopfbodens wesentlich größer als die bei der Messung interessierenden Frequenzen sein müssen, reicht eine einfache Ausfilterung des Frequenzbereiches einschließlich und oberhalb ca. 80 % der niedrigsten Eigenfrequenz aus. Ansonsten empfiehlt es sich, die Eigenfrequenz f_{Ei} im Bereich

$$0,8 f_{Ei} \leq f_{Ei} \leq 1,25 f_{Ei}$$

auszufiltern.

Die obere Grenzfrequenz der Meßanordnung beträgt etwa die Hälfte der niedrigsten Eigenfrequenz. Ist diese zu niedrig, so ist die Verformungsmessung an einem steiferen Abschnitt des Zylinderkopfbodens durchzuführen.

Die Eichung der Meßeinrichtung erfolgt statisch. Dazu wird bei geöffnetem Einlaß- oder Auslaßventil durch den entsprechenden Kanal oder bei geschlossenen Ventilen über die Zündkerzen-, Einspritzdüsen- oder Glühkerzenbohrung oder eine andere Öffnung eine definierte Druckbeaufschlagung vorzugsweise mit einem Gas vorgenommen. Da die Abdichtung des Zylinderraumes meistens nicht absolut gasdicht ist, muß eine ständige Gaszufuhr bei als konstant anzusehenden Druck gewährleistet werden. Es empfiehlt sich, die Eichung bei der Kolbenstellung im oberen Totpunkt und die Druckbeaufschlagung durch eine der o. g. Bohrungen zu realisieren, weil dabei der Prüfgasbedarf relativ gering ist. Bei einer linearen Kennlinie der Meßeinrichtung muß nicht unbedingt über den gesamten Meßbereich geeicht werden. Bei Motoren mit ventillosen Einlaß-/Auslaßsteuerung (z. B. Zweitaktmotoren) gilt die Eichtechnologie sinngemäß.

Ausführungsbeispiel

- 130 Die Erfindung soll im folgenden an Hand zweier Zeichnungen näher erläutert werden.

Es zeigen die Figur 1 die zur Durchführung des Verfahrens erforderliche Anordnung und Figur 2 eine schematische Darstellung der Eichmöglichkeit.

- 135 Auf die wasserumspülte Seite am Zylinderkopfboden wird ein Dehnmeßstreifen 1 aufgeklebt. Ein zweiter Dehnmeßstreifen 1 wird auf eine in der Nähe liegende Versteifung aufgeklebt, so daß beide Dehnmeßstreifen 1 nahezu den gleichen Temperaturen ausgesetzt sind. Beide Dehnmeßstreifen sind ein-
- 140 schließlich ihrer Anschlüsse wassergeschützt, z. B. durch einen Überzug aus Silikonkautschuk. Sie sind mit den Widerständen 2 so in Brücke geschaltet, daß eine Temperaturkompensation für die Dehnmeßstreifen 1 realisiert wird. In der Auswerteeinheit 4 der Dehnmeßstreifen 1 wird die Spannungsdifferenz der Brücke unter Berücksichtigung des erforder-
- 145 lichen Nullabgleiches verarbeitet. Der elektrische Anschluß für die Dehnmeßstreifen 1 wird durch eine Öffnung, die in eine Kühlwasserleitung einzuarbeiten ist, nach außen geführt, wobei, die Abdichtung mittels Gummi erfolgt. Im
- 150 Filter 5 werden alle Signalbestandteile eliminiert, die im Frequenzbereich

$$f \geq 0,8 f_{EO}$$

- liegen, wobei f_{EO} die unterste Eigenfrequenz des zur Messung genutzten Teils des Zylinderkopfbodens ist. Diese
- 155 Frequenz wird entsprechend der Verfahrensbeschreibung ermittelt. Auf dem Bildschirmgerät 8 wird das Meßsignal bei zeitlicher Ablenkung in x-Richtung und erhöhter y-Ablenkung gemeinsam mit einer Zeitachse in x-Richtung dargestellt. Anhand der Zeitmarken ist eine Auszählung der Amplituden
- 160 in bestimmten Zeitintervallen und damit die Bestimmung der Eigenfrequenz möglich. Hierauf wird das Filter 5 entsprechend der o. g. Festlegung abgestimmt. Zur Kontrolle wird das Verfahren zur Bestimmung der Eigenfrequenzen nochmals durch-

geführt, wobei aber das Filter 5 normal zugeschaltet wird.
165 Bei einer Eigenfrequenzerregung darf außer einem Anfangs-
impuls kein Meßsignal angezeigt werden. Andernfalls ist die
Eigenfrequenzausfilterung falsch abgestimmt und muß wieder-
holt werden.

Im folgenden gelangt das Meßsignal in die Recheneinheit 6,
170 die für die Temperaturkompensation des Elastizitätsmoduls
des Zylinderkopfbodens programmiert ist. Das Temperatursignal
liefert der Geber 3, der durch einen aufgeklebten Bügel auf den
Zylinderkopfboden gedrückt wird und mit diesem metallischen
Kontakt hat. Die Eichung der Temperatur-
175 kompensation erfolgt durch die Eichung der Meßanordnung bei
unterschiedlichen Zylinderkopftemperaturen.

Das korrigierte Drucksignal wird einem Mehrkanal-Bildschirm-
gerät 8 mit eingebautem Meßverstärker 7 zugeführt. Zur Aus-
wertung wird durch einen Volumenmodulator 9 der dem Kurbel-
180 winkel zugeordnete Volumenverlauf als elektrisches Signal
zur Verfügung gestellt. Um für alle Meßsignale eine zeitliche
Zuordnung zu geben, werden bestimmte Kurbelwinkelmarken
durch die Markengeber 10 dem Bildschirmgerät 8 zugeführt.
Auf dem Bildschirmgerät 8 läßt sich dementsprechend der Druck
185 im Zylinder als Funktion der Zeit oder des Volumens darstellen.

Für die Eichung (Fig. 2) wird das o. g. Verfahren angewandt.
Der Kolben 11 wird bei geschlossenen Ventilen in den oberen
Totpunkt gebracht. In die Bohrung für den Einspritz-
190 düsenstock bzw. für die Zündkerze wird ein Anschlußstutzen
13 geschraubt, an den über eine Leitung die Hochdruck-
Prüfgasflasche 16 mit dem Absperrventil 15 angeschlossen
wird. Der statische Druck im Zylinderraum 12 wird durch das
Manometer 14 bestimmt. Über die Meßanordnung gemäß Fi-
195 gur 1 wird gleichzeitig der Druck gemessen. Dieser Eichvor-
gang wird für verschiedene Drücke wiederholt.

Erfindungsanspruch

Verfahren zur Druckmessung an Hubkolbenmaschinen, insbesondere des dynamischen Druckes in Zylindern von Verbrennungsmotoren, aber für alle anderen Behälter geeignet, in denen dynamische Drücke auftreten, dadurch gekennzeichnet, daß die Verformung des Zylinderkopfbodens, die sich meistens linear zum Zylinderdruck verhält, direkt als mittelbarer Meßwert genutzt wird, und daß dazu die Verformung vorzugsweise über einen Dehnstreifen, der innerhalb des Zylinderkopfes an geeigneter Stelle angeordnet wird, erfaßt wird, wozu aber auch alle anderen Möglichkeiten der Messung benutzt werden können, und mittels einer entsprechenden, dem Fachmann naheliegenden Schaltung ablesbar gemacht wird, daß weiter die Temperatur des Meßwertgebers, vorzugsweise des Dehnmeßstreifens gemessen wird und daraus eine Temperaturkompensation für wärmebedingte Meßfehler des Meßwertgebers vorgenommen wird, daß außerdem die Temperaturabhängigkeit des Elastizitätsmoduls des Zylinderkopfbodens durch eine Korrektur in einer Recheneinheit auf der Basis einer Temperaturmessung des Zylinderkopfbodens realisiert wird, und das ferner erforderlichenfalls mittels eines Filters die Frequenzen der Eigenschwingungen des Zylinderkopfbodens aus dem Meßsignal eliminiert werden.

220 (Hierzu 2 Blatt Zeichnung)

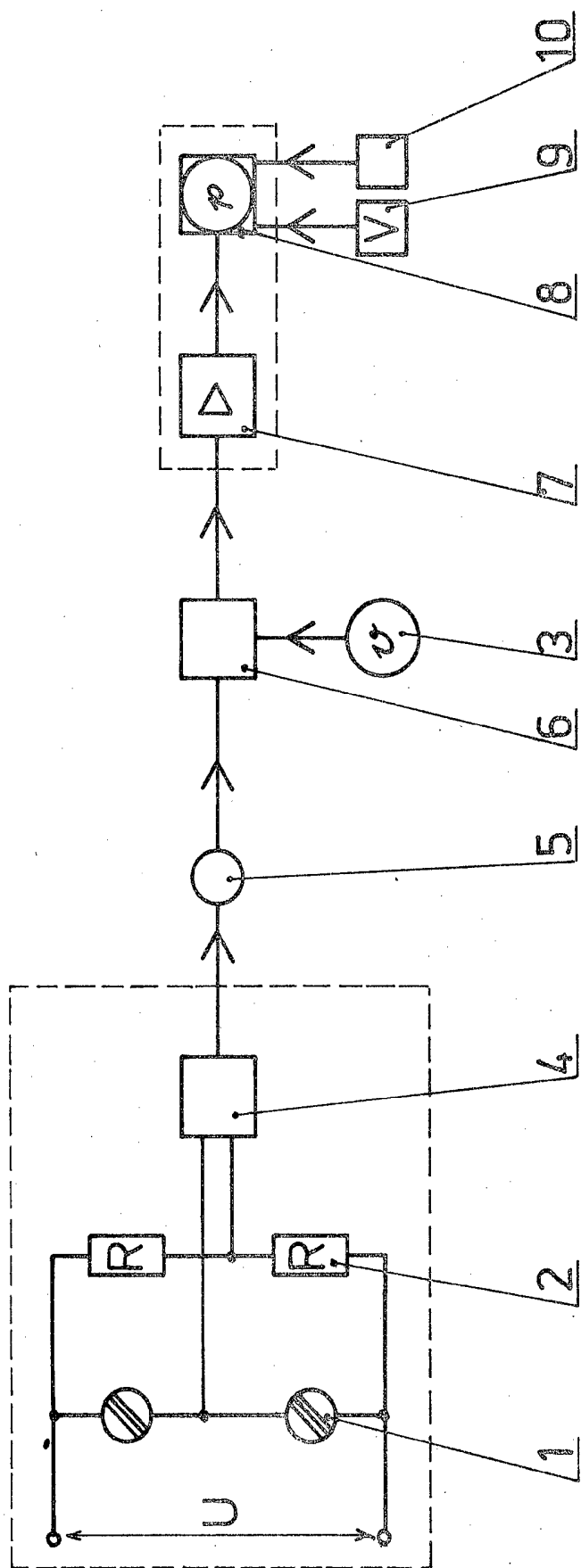


Fig.1

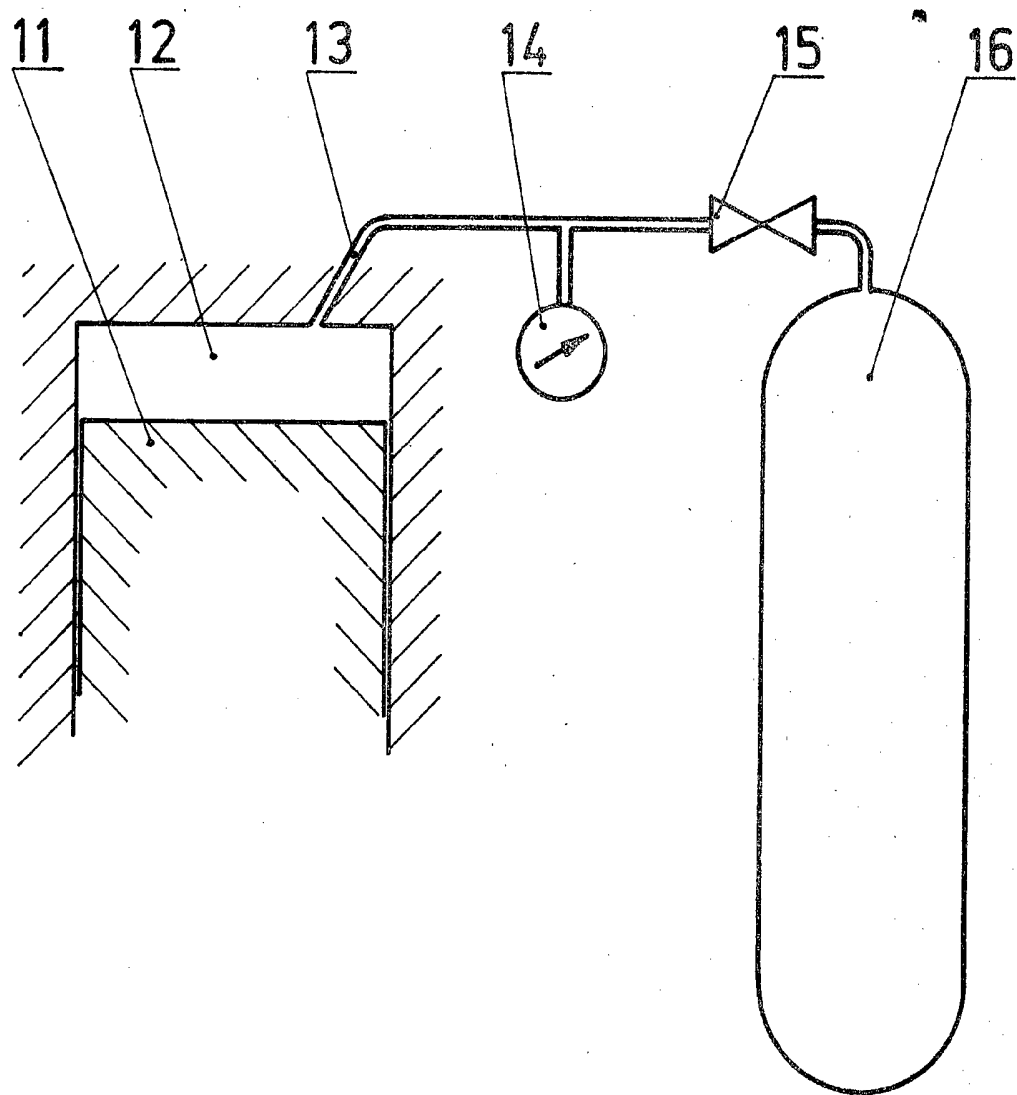


Fig.2