

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

ISSN 0433-8461

(11)

212 169

Int.Cl.³

3(51) G 01 N 27/82

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP G 01 N/ 2459 975

(22) 15.12.82

(45) 01.08.84

(71) KOMBINAT KABELWERK OBERSPREE (KWO) "WILHELM PIECK", BERLIN, DD

(72) WOBODITSCH, WALTER, DR.; KUHNERT, HANS; STAHL, VOLKER, DIPL.-ING.; DD;

(54) PRUEFGERAET ZUR BERUEHRUNGSLOSEN PRUEFUNG, INSBESONDERE ZUR OBERFLAECHEPRUEFUNG
VON DURCHLAUFENDEM, STRANGFOERMIGEM GUT

(57) Die Erfindung betrifft ein Prüfgerät zur berührungslosen Prüfung, insbesondere zur Oberflächenprüfung von durchlaufendem, strangförmigem Gut, vorzugsweise von Al/Cu-Verbundleitern. Ziel und Aufgabe der Erfindung ist es, ein Prüfgerät zu schaffen, das ohne großen technischen Aufwand mit einfachen Mitteln hergestellt werden kann, gegen Fremdeinflüsse unempfindlich ist und Fehler auch bei höchstmöglichen Arbeitsgeschwindigkeiten eindeutig anzeigt. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß eine Prüfsonde, in der eine Sondeninduktivität und eine Korrekturkapazität angeordnet ist, über ein Verbindungskabel mit einem Oszillator verbunden ist, dem nachfolgend in Reihe ein 90°-Phasenschieberkreis angeordnet ist, der AFC-Ausgang des Frequenzdemodulators über ein parallel angeordnetes R-C-Glied großer Zeitkonstante mit dem Oszillator und unverzögert mit einem parallel angeordneten Schwellwert-IS verbunden und nachfolgend eine Auswerteeinheit angeschlossen ist, wobei die Sondeninduktivität der Prüfsonde mit der Kapazität des Verbindungskabels und der Kapazität des kapazitiven Spannungsteiles einschließlich der Korrekturkapazität einen Resonanzkreis bilden.
Fig.1

- Prüfgerät zur berührungslosen Prüfung, insbesondere zur
Oberflächenprüfung von durchlaufendem, strangförmigem Gut.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Prüfgerät zur berührungslosen Prüfung, insbesondere zur Oberflächenprüfung von durchlaufendem, strangförmigem Gut, vorzugsweise von Al/Cu-Verbundleitern.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannt ist es, beispielsweise Materialien, Fertigteile oder sonstige Werkstücke auf Leitfähigkeit, Legierungshärte, Härtungstiefe, Risse und Sprünge zu untersuchen oder beispielsweise bei strangförmigem Gut, wie Al/Cu-Verbundleiter, die Oberflächenbeschaffenheit, wie Geschlossenheit, Seitenunterbrechungen bei Kabeln zu prüfen.

Dazu sind verschiedene Verfahren, Geräte und Anordnungen bekannt geworden.

Die mechanischen Vorrichtungen arbeiten größtenteils mit spitzen oder schneidenförmigen Fühlern, mit denen die Oberfläche abgetastet wird. Hierbei werden jedoch nur grobe Fehler, wie Unebenheiten und Risse an der Oberfläche angezeigt. Mit diesen Vorrichtungen kann bei der Prüfung von strangförmigem Gut nur mit sehr niedrigen Durchlaufgeschwindigkeiten gearbeitet werden.

Bei den optischen Einrichtungen wird mit Hilfe von Sendern und Empfängern das zu prüfende Gut durch Licht abgetastet.

Der Nachteil dieser Einrichtung besteht vorwiegend darin, daß die optischen Lichtsender und Empfänger beim Betriebsgebrauch leicht verschmutzen, wodurch die Prüfgenauigkeit beeinflusst wird.

Bei der Prüfung von strangförmigem Gut treten zusätzlich Empfindlichkeitslücken in radialer Richtung auf, die von den opto-elektronischen Bauelementen herrühren, bedingt durch die technologische Fertigungstoleranz dieser Bauelemente, da ihre geometrischen Achsen nicht mit deren optischen Achsen übereinstimmen.

Bekannt sind auch Verfahren und Vorrichtungen, die auf induktiver Basis arbeiten. In der DE-PS Nr. 928 075 ist ein Verfahren zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung beschrieben worden, dessen Kennzeichen darin besteht, daß aus dem Wirk- und Blindwiderstand einer stromdurchflossenen, an die Probe herangebrachten Sondenspule neben der elektrischen Leitfähigkeit der Probe auch ihre Dicke bzw. ihr Durchmesser getrennt aber gleichzeitig erfaßt werden.

Ein Material-Prüfgerät, insbesondere ein Wirbelstrom-Prüfgerät, wird in der DE-OS Nr. 2 049 486 beschrieben, das mit einer Induktivitätsbrücke arbeitet und mit dem beispielsweise sich Risse, Fehler oder sonstige Unregelmäßigkeiten in einem Werkstück auffinden lassen. Zu diesem Zweck wird eine Sonde, die aus einem Kern mit magnetisch gekoppelten Wicklungen besteht, als induktives Gerät in einen Resonanzkreis eingesetzt. Der Nachteil dieser erwähnten Einrichtungen besteht darin, daß sie technisch kompliziert aufgebaut und aufwendig sind. Sie sind störanfällig gegen einen robusten Betriebsgebrauch und empfindlich gegen Fremdeinflüsse, wie Temperaturschwankungen.

Des weiteren werden Fehler des beispielsweise zu prüfenden strangförmigen Gutes bei hohen Abzugsgeschwindigkeiten nicht eindeutig erfaßt und angezeigt, da ihre Meßgenauigkeit abhängig von der Winkellage der Meßsonde zum Werkstück ist und diese nicht konstant gehalten werden kann.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ein Prüfgerät zur berührungslosen Prüfung, insbesondere zur Oberflächenprüfung von Al/Cu-Verbundleitern zu schaffen, das ohne großen technischen Aufwand mit einfachen Mitteln billig hergestellt werden kann und gegen einen robusten Betriebsgebrauch nicht störanfällig ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Prüfgerät zu entwickeln, das gegen Fremdeinflüsse, die das Meßergebnis beeinflussen, unempfindlich ist und Fehler auch bei höchstmöglichen Arbeitsgeschwindigkeiten eindeutig erkennt und anzeigt. Erfindungsgemäß wird eine Prüfsonde, in der eine Sondeninduktivität und eine Korrekturkapazität angeordnet ist, über ein Verbindungskabel mit einem Oszillator verbunden, dem nachfolgend in Reihe ein Begrenzer, ein FM-Demodulator mit AFC-Ausgang und ein 90° -Phasenschieberkreis angeordnet ist, der AFC-Ausgang des Frequenzdemodulators über ein parallel angeordnetes R-C-Glied großer Zeitkonstante mit dem Oszillator und unverzüglich mit einem parallel angeordneten Schwellwert-IS verbunden und nachfolgend eine Auswerteeinheit angeschlossen ist, wobei die Sondeninduktivität der Prüfsonde mit der Kapazität des Verbindungskabels und der Kapazität des kapazitiven Spannungsteiles einschließlich der Korrekturkapazität einen Resonanzkreis bilden, der beim Durchlaufen eines Verbundfehlers des zu prüfenden Gutes in seiner Frequenz verändert wird.

Über eine interne kapazitive Spannungsteilung wird der Schwingungszustand des Oszillators aufrechterhalten. Erfindungsgemäß ist im Oszillator zusätzlich eine Kapazitätsdiode zur Frequenz-Nachstellung bei Änderung des Durchmessers des zu prüfenden Gutes angeordnet, die mit einem Potentiometer verbunden ist. Weist beispielsweise ein durchlaufender Al/Cu-Verbunddraht Fehler auf, so daß auf der Oberfläche des durchlaufenden Drahtes Lücken in der Cu-Schicht auftreten bzw. die Cu-Schicht nicht geschlossen ist, wird der durch die Sondeninduktivität und durch die Summe der externen und internen Kapazitäten gegebene Schwingungskreis in seiner Schwingungsfrequenz dahingehend geändert, daß bei geschlossener Cu-Oberfläche höhere und an Orten mit nicht geschlossener Cu-Oberfläche nach kleineren Frequenzen hin verstimmt wird. Erfindungsgemäß ist die Frequenzänderung für das Finden von Fehlern, insbesondere von Verbundfehlern von ausschlaggebender Bedeutung.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung sind in der Prüfsonde mindestens zwei Gleitsteine an Halterungen aus Isolierstoff auswechselbar angeordnet, die sich mit ihren Durchgangs-

bohrungen axial genau gegenüberstehen, wobei ihre Einlauföffnungen entgegengesetzt zur Durchlaufrichtung liegen. Die in der Prüfsonde liegende Sondeninduktivität ist an hohlzylindrischen Distanzstücken, die aus Isolierstoffe bestehen, befestigt. Um Fremdeinflüsse, wie Schleifenbildung, die das Meßergebnis verfälschen können, zu verhindern, ist erfindungsgemäß die Prüfsonde isoliert befestigt. Durch die Ausbildung der Prüfsonde werden mechanische Abweichungen während des Drahtdurchlaufes, die das Meßergebnis verfälschen können, verhindert.

Der entscheidende Vorteil des erfindungsgemäßen Prüfgerätes besteht vor allem darin, daß Fehler auch bei höchsten technologisch möglichen Abzugsgeschwindigkeiten eindeutig erkannt und registriert werden und das Prüfgerät im Vergleich zu den bisher bekannten Einrichtungen wenig kostenaufwendig ist. Mit dem Prüfgerät ist es auch möglich, nicht nur Fehler beispielsweise bei blanken Al/Cu-Verbunddrähten festzustellen, sondern auch Fehler, wenn der Draht bzw. Verbunddraht mit Gummi, PVC oder PE isoliert ist oder Leiterunterbrechungen in Adern auftreten.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Fig.1: Zeigt das Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Prüfgerätes

Fig.2: Zeigt eine Ausbildung der erfindungsgemäßen Prüfsonde.

Das zu prüfende durchlaufende Gut 1 Fig.1, z.B. Al/Cu-Verbunddraht wird durch die Gleitsteine 2 in die Prüfsonde 4 eingeführt. Dabei durchläuft das Gut die Sondeninduktivität 3. In der Prüfsonde 4, die über ein Verbindungskabel 5 mit dem Oszillator 6 verbunden ist, befindet sich eine Korrekturkapazität 13. Dem Oszillator 6 ist nachfolgend in Reihe ein Begrenzer 7, ein FM-Demodulator 8 und ein 90° -Phasenschieberkreis 9 angeordnet, wobei der AFC-Ausgang des Frequenzdemodulators 8 über ein parallel angeordnetes R-C-Glied 10 großer Zeitkonstante mit dem Oszillator 6 und unverzögert mit dem parallel angeordneten Schwellwert-IS 11 verbunden ist.

Nachfolgend ist eine Auswerteeinheit 12 beispielsweise ein Monoflop-IS angeschlossen. Die Prüfsonde 4 und die nachfolgenden Bauelemente sind in nicht dargestellten Gehäusen untergebracht. Das vom Oszillator 6 erzeugte und beim Auftreten von Verbundfehlern frequenzmodulierte Signal wird zunächst durch den Begrenzer 7 von Amplitudenschwankungen befreit und dem Frequenzdemodulator 8 zugeführt, der das frequenzmodulierte Signal in Amplitudenschwankungen umsetzt. Begrenzer 7 und Frequenzdemodulator 8 werden zweckmäßigerweise durch einen integrierten Schaltkreis (IS) verwirklicht. Die vom Oszillator 6 erzeugte Frequenz liegt zweckmäßigerweise in dem Frequenzbereich, wo die Eindringtiefe des elektromagnetischen Feldes der Sondeninduktivität 3 annähernd gleich der Cu-Schichtdicke des jeweils gefertigten Verbunddrahtes entspricht. Beispielsweise bei Al/Cu-Verbunddraht 1,78 mm Durchmesser, entsprechend einem Nennquerschnitt von $2,5 \text{ mm}^2$ und einer Cu-Schichtdicke von $64 \text{ } \mu\text{m}$, soll die Frequenz bei etwa 2000 kHz liegen. Erfahrungsgemäß eignet sich diese Frequenz auch für die Ortung von Verbundfehlern im Durchmesserbereich von 1 bis 5 mm. Im Oszillator 6 ist vorzugsweise zusätzlich eine Kapazitätsdiode 14 zur Frequenz-Nachstellung bei Änderung des Durchmessers des zu prüfenden durchlaufenden Gutes 1 angeordnet, die mit einem Potentiometer 15 verbunden ist. Bei Veränderung des Durchmessers des zu prüfenden Gutes 1 verändert sich die Sondeninduktivität 3 in Abhängigkeit des Durchmessers. Mit der Kapazitätsdiode 14 ist die dadurch veränderte Frequenz des Schwingkreises auf den vorgegebenen Sollwert über das Potentiometer 15 einstellbar. Dadurch ist die Möglichkeit geschaffen, über die Vorspannungseinstellung der Kapazitätsdiode 14 die Prüfsonde 4 für unterschiedliche Drahtdurchmesser einzusetzen. Da die durch kleine Verbundfehler hervorgerufenen Frequenzänderungen $\Delta f/f$ im Mittel bei 10^{-3} liegen, muß auch der Phasenschieberschwingkreis 9 des Frequenzdemodulators 8 eine entsprechend hohe Betriebsgüte, erfahrungsgemäß größer 200, aufweisen, um am AFC-Ausgang des Frequenzdemodulators 8 Spannungsänderungen im Volt-Bereich zu erhalten.

Diese AFC-Spannung wird einmal erfindungsgemäß über ein R-C-Glied 10 großer Zeitkonstante zur Nachregelung der Frequenz des Oszillators L-C, z.B. mittels einer Kapazitätsdiode genutzt, um langsame Frequenzänderungen, hervorgerufen z.B. durch technologisch bedingte Durchmesseränderungen des durchlaufenden Gutes durch den vorhergehenden Ziehprozeß, aber auch Einflüsse der Temperatur des durchlaufenden Gutes zu kompensieren.

Zum anderen wird erfindungsgemäß die AFC-Spannung unverzüglich dem Schwellwert-IS 11 zugeführt, die beim Auftreten von Verbundfehlern einen Spannungsimpuls definierter Höhe, aber nur von der Dauer entsprechend der Durchlaufzeit eines Verbundfehlers liefert, der bei hohen Abzugsgeschwindigkeiten erfahrungsgemäß Bruchteile von Millisekunden beträgt.

Mit einer regelbaren in Fig.1 nicht dargestellten Vorspannung kann die Ansprechempfindlichkeit des Schwellwert-IS 11 entsprechend den auftretenden Fehlerarten eingestellt werden.

Dieses so gewonnene Signal wird dem Monoflop-IS 12 zugeführt, der dieses Signal in einen definierten Rechteckimpuls umwandelt, der geeignet ist, das Relais 16 zum sicheren Ansprechen zu bringen, wobei die Kontakte dieses Relais 16 so beschaltet werden können, daß die geforderten Steuerfunktionen beim Auftreten von Verbundfehlern, wie z.B. Maschinenstop, Fehlermengenähler oder Fehlerortdrucker, ausgelöst werden.

Um bei der Herstellung von Al/Cu-Drähten zwischen normalen technologisch bedingten Preßschweißstellen und Verbundfehlern unterscheiden zu können, ist die hier nicht gezeigte Auswerteschaltung so ausgelegt, daß ein einzelner von einer Preßschweißstelle herrührender Impuls nicht, dagegen die von Verbundfehlern herrührende Impulsserie zur Auslösung führt, z.B. 2...n Impulse in kurzer Zeit die Sonde durchlaufen, z.B. im Zeitbereich von 0,1 s.

In Fig.2 ist eine Ausführung der Prüfsonde 4 dargestellt. An den Schenkeln 21 eines U-Profiles 17 sind mindestens zwei Gleitsteine 2 als starre Führung an den Halterungen 18, die aus Isolierstoff bestehen, auswechselbar so befestigt, daß sich ihre Durchgangsbohrungen axial genau gegenüberstehen, wobei ihre Einlauföffnungen entgegengesetzt zur Durchlaufrichtung liegen.

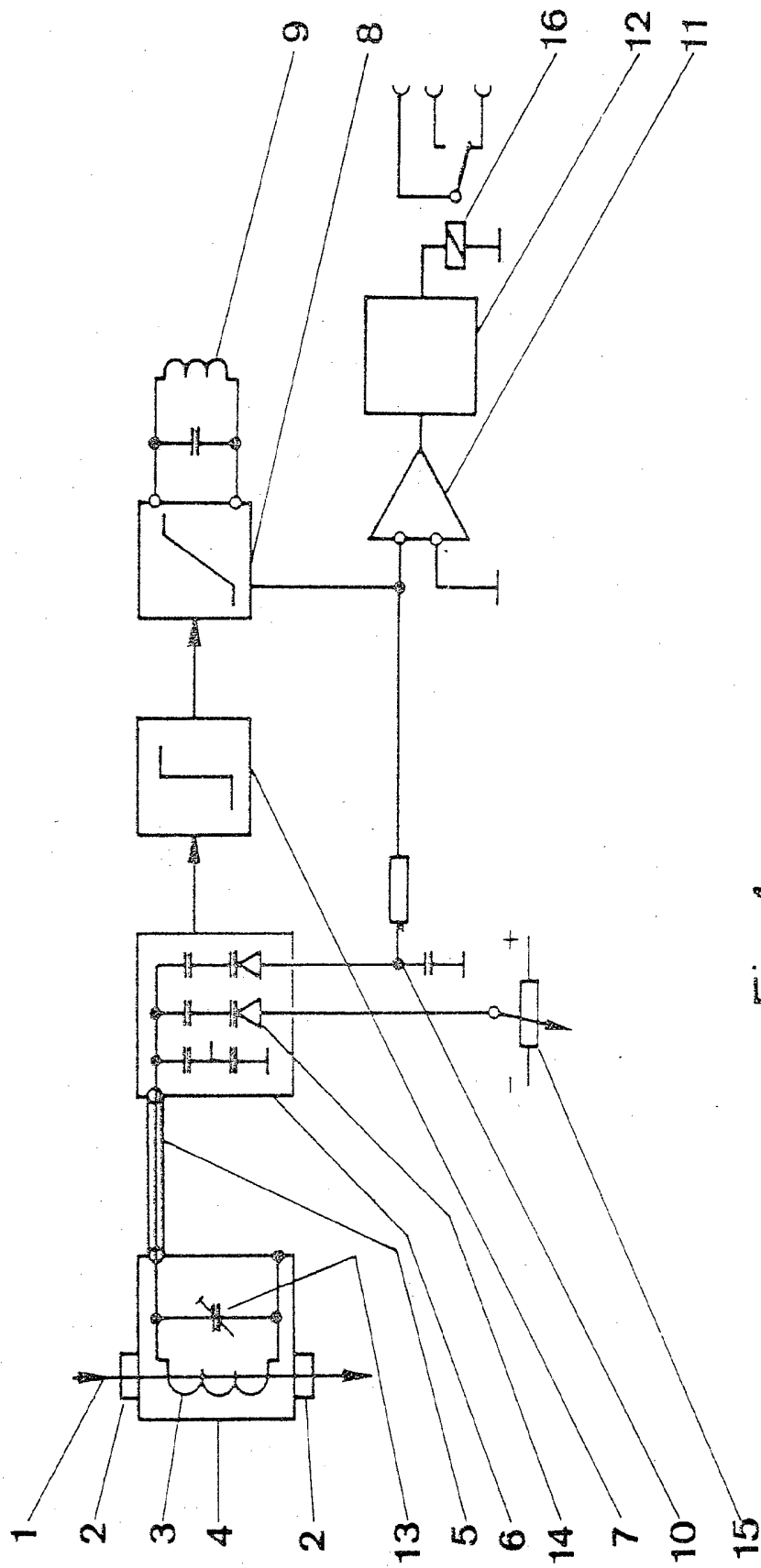
Dies hat den Vorteil, daß beim Reißen des zu prüfenden strangförmigen Gutes das Wiedereinführen des Gutes in die Prüfsonde unkompliziert ist. Die Gleitsteine 2 bestehen aus Hartmetall mit definiert auf das durchlaufende Gut abgestimmte Bohrungen, wobei die Bohrungen nur wenig größer als der maximale Durchmesser des durchlaufenden Gutes sind, um ein Ziehen des Gutes auszuschließen. Dadurch wird eine exakte Führung und ein ruhiger Lauf des zu prüfenden Gutes 1, beispielsweise Al/Cu-Draht, erreicht. Die Halterung 18 der Gleitsteine 2 ist so konstruiert, daß eine einfache Auswechselung, z.B. für andere Durchmesser des zu prüfenden Gutes 1 möglich ist. Die Halterung für die Sondeninduktivität 3 besteht aus hohlzylindrischen Distanzstücken 19, die aus Isolierstoff bestehen und sich gegen die Schenkel 21 des U-Profiles 17 abstützen. Die Sondeninduktivität 3 besteht aus einer Zylinderspule, vorzugsweise mit einem Verhältnis Spuleninnendurchmesser zur Spulenlänge annähernd 1. Im U-Profil 17 ist gleichzeitig die Korrekturkapazität 13 und eine nicht dargestellte HF-Buchse angeordnet. Der durch das U-Profil 17 ungeschlossene Raum kann durch eine Haube abgedeckt werden. Die Halterung 20 der Prüfsonde 4 besteht aus Isolierstoff und kann auf das durchlaufende Gut durch Langlöcher ausgerichtet werden. Gleichzeitig wird dadurch gewährleistet, daß die Prüfsonde 4 lagestabil ist. Von entscheidendem Einfluß auf die Wirkungsweise ist, daß die Gleitsteine 2 mit ihrem leitfähigen Hartmetallkern keine leitende Verbindung mit dem U-Profil 17 der Prüfsonde 4 aufweisen.

Erfindungsanspruch:

1. Prüfgerät zur berührungslosen Prüfung, insbesondere zur Oberflächenprüfung von durchlaufendem, strangförmigem Gut, vorzugsweise von Al/Cu-Verbundleitern, bei dem der Prüfling durch eine Induktivität hindurchgeführt wird, gekennzeichnet dadurch, daß die Prüfsonde (4), in der eine Sondeninduktivität (3) und eine Korrekturkapazität (13) angeordnet ist, über das Verbindungskabel (5) mit dem Oszillator (6), der zusätzlich eine Kapazitätsdiode (14) enthält, verbunden ist, nachfolgend in Reihe ein Begrenzer (7), ein FM-Demodulator (8) und ein 90° -Phasenschieberkreis (9) angeordnet ist, der AFC-Ausgang des Frequenzdemodulators (8) über ein parallel angeordnetes R-C-Glied (10) großer Zeitkonstante mit dem Oszillator (6) und unverzüglich mit dem parallel angeordneten Schwellwert-IS (11) verbunden und nachfolgend eine Auswerteeinheit (12) angeschlossen ist, wobei die Sondeninduktivität (3) der Prüfsonde (4) mit der Kapazität des Verbindungskabels (5) und der Kapazität des kapazitiven Spannungsteiles einschließlich der Korrekturkapazität (13) einen Resonanzkreis bilden, der beim Durchlaufen eines Verbundfehlers des zu prüfenden Gutes 1 in seiner Frequenz verändert wird.
2. Prüfgerät zur berührungslosen Prüfung, insbesondere von durchlaufendem, strangförmigem Gut, nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß in der Prüfsonde (4) mindestens zwei Gleitsteine (2) an den Halterungen (18), die aus Isolierstoff bestehen, auswechselbar angeordnet sind, daß sich ihre Durchgangsbohrungen axial genau gegenüberstehen, wobei ihre Einlauföffnungen entgegengesetzt zur Durchlaufrichtung liegen.

3. Prüfgerät zur berührungslosen Prüfung, insbesondere von durchlaufendem, strangförmigem Gut, nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Sondeninduktivität (3) an hohlzylindrischen Distanzstücken (19), die aus Isolierstoff bestehen, befestigt ist.

- Hierzu 2 Blatt Zeichnungen -



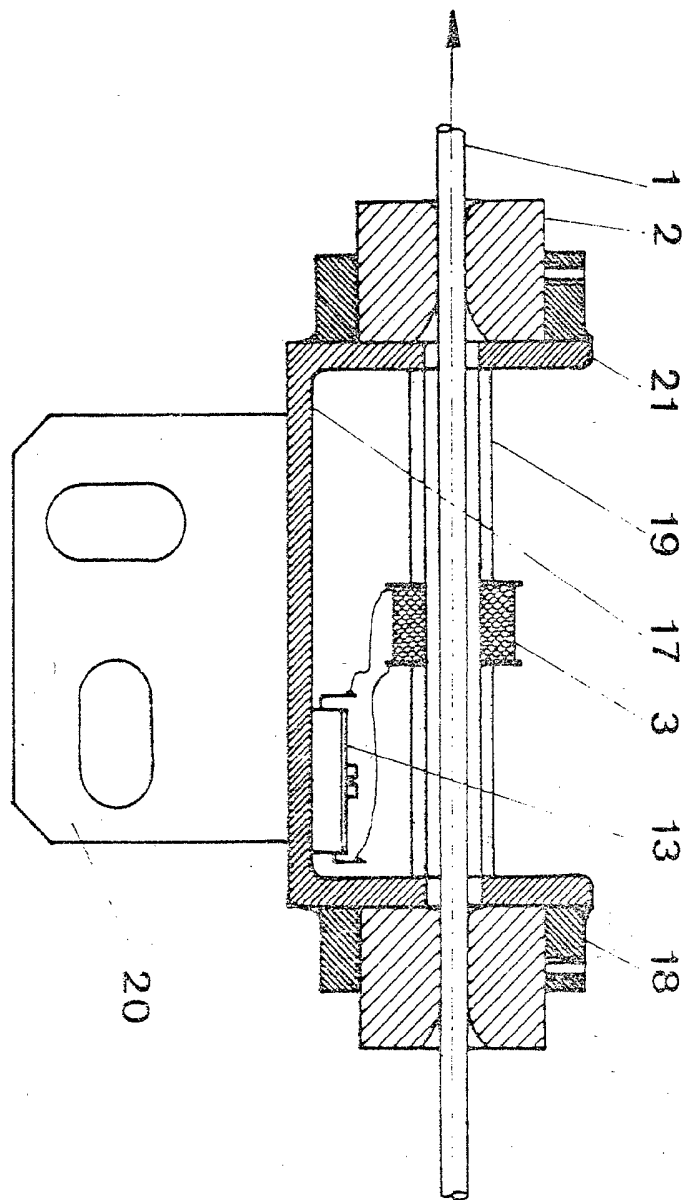


Fig. 2