

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 9502/2016
(86) PCT-Anmeldenummer: PCT/RU16000005
(22) Anmeldetag: 15.01.2016
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2019

(51) Int. Cl.: **G01N 29/04** (2006.01)

(71) Patentanmelder:
Kashin Aleksey Mihaylovich
162609 Cherepovets (RU)
(72) Erfinder:
Kashin Aleksey Mihaylovich
162609 Cherepovets (RU)
(74) Vertreter:
Torggler Paul Dr.
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Ultraschallprüfungsverfahren des Gießstrangs auf das Vorhandensein der oberflächlichen und unteroberflächlichen Fehler und das Gerät für dieses Ziel**

(57) Die technische Lösung gehört zu der zerstörungsfreien Prüfung der Metallgießstränge. Das Verfahren ist für Ultraschalldetektion der oberflächlichen und unteroberflächlichen Fehler in der Tiefe von 0,5 mm und tiefer von der Objektoberfläche mit der Öffnung von 0,05 mm und breiter und der Länge von 3 mm und länger vorausbestimmt. Dafür wird das akustische Scanning des Metallprüfungsobjektes durchgeführt; Der Pegel des empfangenen Signals wird mit dem Entscheidungspegel verglichen. Dabei werden die Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ nach der getrennten Anschlussschaltung des Generators und des Empfängers durch das für die Detektion der Fehler der nötigen Größe ausreichende Echo-Impuls-Verfahren ausgestrahlt und empfangen. Das Gerät enthält wenigstens ein Paar von elektromagnetisch-akustischen Prüfkörpern, eine Funktionseinheit für die Ultraschallprüfung mit dem Echo-Impuls-Verfahren mit der Frequenz, die für die Detektion der Fehler von der nötigen Größe ausreichend ist, eine Funktionseinheit zur Referenzsignalbildung, ein technisches Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten. Dabei ermöglicht die Prüfkopfkonstruktion es, als Generator und Empfänger für die Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ zu funktionieren. Die Prüfköpfe sind mit dem technischen Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten über die Funktionseinheiten elektrisch verbunden. Die Prüfköpfe sind nach der getrennten Prüfschaltung eingeschaltet. Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ultraschallprüfung von Gießsträngen auf das Vorhandensein von oberflächlichen und unteroberflächlichen Fehlern in den Produktionsbedingungen ist erhöht. Reverberationsgeräuschpegel von grobkörniger Struktur des Prüfungsobjektes sowie Geräuschpegel vom Zunder auf der Prüfungsobjektoberfläche sind reduziert. Die Abhängigkeit zwischen der Prüfungsempfindlichkeit und der Prüfungsobjekttemperatur ist beseitigt. Das Verfahren und das Gerät sind vereinfacht.

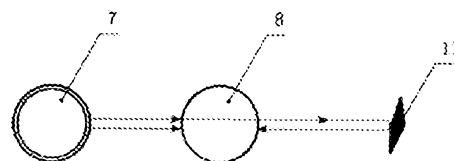


FIG. 3

Zusammenfassung

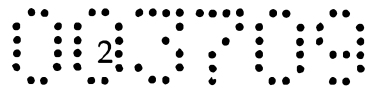
Die technische Lösung gehört zu der zerstörungsfreien Prüfung der Metallgießstränge. Das Verfahren ist für Ultraschalldetektion der oberflächlichen und unteroberflächlichen Fehler in der Tiefe von 0,5 mm und tiefer von der Objektoberfläche mit der Öffnung von 0,05 mm und breiter und der Länge von 3 mm und länger vorausbestimmt. Dafür wird das akustische Scanning des Metallprüfungsobjektes durchgeführt; Der Pegel des empfangenen Signals wird mit dem Entscheidungspegel verglichen. Dabei werden die Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ nach der getrennten Anschlussschaltung des Generators und des Empfängers durch das für die Detektion der Fehler der nötigen Größe ausreichende Echo-Impuls-Verfahren ausgestrahlt und empfangen. Das Gerät enthält wenigstens ein Paar von elektromagnetisch-akustischen Prüfkörpern, eine Funktionseinheit für die Ultraschallprüfung mit dem Echo-Impuls-Verfahren mit der Frequenz, die für die Detektion der Fehler von der nötigen Größe ausreichend ist, eine Funktionseinheit zur Referenzsignalbildung, ein technisches Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten. Dabei ermöglicht die Prüfkopfkonstruktion es, als Generator und Empfänger für die Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ zu funktionieren. Die Prüfköpfe sind mit dem technischen Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten über die Funktionseinheiten elektrisch verbunden. Die Prüfköpfe sind nach der getrennten Prüfschaltung eingeschaltet. Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ultraschallprüfung von Gießsträngen auf das Vorhandensein von oberflächlichen und unteroberflächlichen Fehlern in den Produktionsbedingungen ist erhöht. Reverberationsgeräuschpegel von grobkörniger Struktur des Prüfungsobjektes sowie Geräuschpegel vom Zunder auf der Prüfungsobjektoberfläche sind reduziert. Die Abhängigkeit zwischen der Prüfungsempfindlichkeit und der Prüfungsobjekttemperatur ist beseitigt. Das Verfahren und das Gerät sind vereinfacht.

(Fig. 3)

Die Erfindung gehört zu dem Bereich der zerstörungsfreien Prüfung, und zwar zu den Mitteln für die Ultraschallfehlerprüfung (UT). Der Hauptanwendungsbereich der technischen Lösung ist die Industrieproduktion von Gießsträngen sowie Brammen und Vorblöcken (Prüfungsobjekte), die zur Herstellung von häufig verwendeten Gruppen der Walzerzeugnisse dienen.

Die in der modernen Industrieproduktion verwendenden technologischen Prozesse zur Herstellung von Gießsträngen sind von der Fehlerentstehung in denen begleitet. Solche Gießstränge haben verschiedene und häufig vorkommende Fehlertypen, die sich in der Tiefe von 0,5 mm und tiefer von der Gießstrangoberfläche befinden, die die Öffnungsweite von 0,05 mm und breiter sowie die Länge von 3 mm und länger haben und dabei als gefährliche oberflächliche und unteroberflächliche Fehler (GOUF) gelten.

Die Gefahr von GOUF ist mit der Transformation dieser Fehler zu den unzulässigen Fehlern bei der Walzerzeugnisherstellung verbunden. Solche Fehler haben eine negative Auswirkung auf die Qualität und Sicherheit der Endprodukte. Dadurch wird die Bedeutung der genauen und zuverlässigen Prüfung der Gießstränge auf das Vorhandensein von GOUF in den Produktionsbedingungen bestimmt. Aber solche Prüfung ist durch mehrere Gründe erschwert. Zum Beispiel, regelmäßige Rauigkeiten der Brammenoberfläche sogenannte Spuren der Kokillenoszillation entstehen bei der Formung und Kristallisation der Bramme nach dem Gießen. Diese Spuren haben Falten, in denen sich auch die Fehler einschließlich die Risse konzentrieren, die mit den existierenden Prüfungsverfahren nicht detektiert werden; die Schwindfehler werden den Brammenseiten entlang in Form von Rinnen gebildet. Außerdem gibt es auf der Oberfläche des Prüfungsobjektes in der Regel eine abfallende Zunderschicht von der Dicken von 3 mm, die die Verwendung der traditionellen Ultraschall- und Wirbelstromprüfung sowie der optischen Prüfung verhindert. In der Regel soll die Prüfung zur Detektion von GOUF in den frühen Phasen des Herstellungsprozesses durchgeführt werden, d.h. wenn das Prüfungsobjekt eine hohe Temperatur von bis zu 800°C hat, was die Verwendung der traditionellen Prüfungsverfahren auch entweder nicht möglich oder sehr schwierig macht.



Zugrundeliegender Stand der Technik

Qualitätsprüfung der Gießstränge für die Walzerzeugnisherstellung in den Hüttenbetrieben wird in der Regel auf der Grundlage der statistischen Analyse des Einflusses der technologischen Prozesse und Fahrzeuggröße der Stranggussmaschinen auf den Walzmetallwert durchgeführt, oder wird eine optische Messprüfung verwendet (OMP). Allerdings haben die mathematische Modellierung und OMP nicht immer annehmbare Zuverlässigkeit. Es kann zur Lieferung eines fehlerhaften Gießstranges zur Herstellung von solchen Metallprodukten wie Profileisen, Grobblech und Rohrlupe führen.

Für die zerstörungsfreie Prüfung der Prüfungsobjekte auf das Vorhandensein der ober- und unteroberflächlichen Fehler einschließlich GOUF ist die Anwendung der Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ aussichtsreich, deren Anwendungsnachteile einen starken Einfluss von Störfaktoren auf dieses Prüfungsverfahren ist. Die Störfaktoren sind durch verschiedene Gründen bedingt, die völlig fehlen oder minimal während der Walzerzeugnisprüfung sind, weil das Walzerzeugnis durch eine Reihe von thermischen und thermomechanischen Bearbeitungen durchgeht, was durch die Gitterkontraktion und die Veränderung der Formen und Größe von Metallkörnern gekennzeichnet ist, wobei das Metallgut eine feine Kornstruktur mit Gleichmäßigkeit der Metalleigenschaften über die Dicke im Vergleich zu den Prüfungsobjekten hat, die durch eine grobkörnige Struktur mit Ungleichmäßigkeit der Metalleigenschaften über die Dicke gekennzeichnet sind, was mit den chemischen und physikalischen Prozessen bei der Prüfungsobjektsformung verbunden ist.

Der Einfluss der Rayleigh-Welle auf das Prüfungsobjekt mit der grobkörnigen Struktur führt zu einer hohen Reverberation des Schallsignals. Die Reverberation schafft zahlreiche Geräuschimpulse, die mit der Mehrfachreflexion der Ultraschallwellen von den Metallkörnern des Prüfungsobjektes verbunden sind, was die Detektion der Fehler insbesondere der GOUF ungenau und unzuverlässig macht.

Einen negativen Einfluss auf die Ultraschallprüfungsergebnisse (Ultraschallprüfung) mit Rayleigh-Wellen haben auch die Faktoren, die durch solche



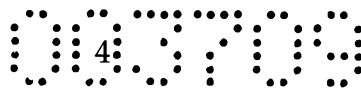
Herstellungstechnologie des Prüfungsobjektes wie Oberflächenrauheit und Zunder auf der Prüfungsobjektoberfläche verursacht sind. Zum Beispiel, die Zerstreuung der Rayleigh-Welle beim Fallen auf der unebenen Oberfläche führt zur Schwächung der generierten Ultraschallwelle und der instabilen Empfindlichkeit, was die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Prüfung verringert. Die Zunderschicht (in der Regel, abfallender Zunder) verursacht die Reverberation in Form von Verdeckungsgeräuschen, die wegen des Zunders entstanden sind, die während der Ultraschallprüfung nach dem Sendeimpuls beobachtet werden und eine genaue Prüfung unmöglich machen oder zur falschen Brackierung der Prüfungsobjekte führen.

Aus der Patentanmeldung RU 2013154948 A, die am 20.06.2015 veröffentlicht wurde, ist ein Verfahren für das Fehlerdefektieren auf der ferromagnetischen Materialoberfläche bekannt; und aus der Patentanmeldung RU 2013127042 A, die am 20.12.2014 veröffentlicht wurde, ist ein Prüfungsverfahren der Metallgutoberfläche bekannt. Die beiden Verfahren schließen die Verwendung der Rayleigh-Wellen für Ultraschallprüfung ein.

Aber aus den oben genannten Gründen erfordern die bekannten technischen Lösungen im Fall ihrer praktischen Umsetzung eine zusätzliche Verstimmung des nützlichen Messsignals von den Reverberationsgeräuschen, um eine akzeptable Prüfungszuverlässigkeit zu erreichen, anderenfalls passieren ständige Fehlalarmen, die die Prüfungsgenauigkeit reduzieren.

Aus dem Patentdokument RU 2262689 C1 vom 20.10.2005 ist ein Verfahren zur Inhomogenitätsdetektion der Oberflächenschicht des Walzerzeugnisses sowie das Gerät für dieses Ziel bekannt.

Das bekannte Verfahren besteht darin, dass die Oberfläche des Walzerzeugnisses mit Laserstrahlungsimpulsen zur Generierung von Rayleigh-Wellen bestrahlt wird, und die Inhomogenität von diesen Wellen durchgeschallt wird. Dabei wird das Magnetfeld auf Prüfungsobjekt aufgelegt; und der mit der Ultraschallwelle modulierte Magnetfluss wird durch die zerstreute Inhomogenität registriert. Die Tiefe, Orientierung und Öffnung der Inhomogenität werden nach der Amplitude,



Polarisation der umgewandelten Ultraschallwelle und der Wechselkomponente des zerstreuten Magnetfeldes beurteilt. Diagnostik von unteroberflächlichen Fehlern von jeder Konfiguration wird durch die Änderung der Konfiguration von elektroakustischen Prüfköpfen und Lichtwellenleitern durchgeführt, über die die Laserstrahlungsimpulse zur Walzerzeugnisoberfläche gesendet werden. Das Gerät enthält elektroakustische Prüfköpfe, einen Laserimpulsgenerator, wenigstens einen Lichtwellenleiter und einen Messblock für informative Parameter.

Zu den Nachteilen der technischen Lösung gehört ihre Anwendbarkeit nur für die Ultraschallprüfung des Walzerzeugnisses, das durch feinkörnige Struktur mit Gleichmäßigkeit der Eigenschaften über die Dicke gekennzeichnet ist. Daher führt die Anwendung dieser technischen Lösung für die Ultraschallprüfung der Prüfungsobjekte zur geringen Richtigkeit und Zuverlässigkeit der Ultraschallprüfungsergebnisse, was den aktuellen Bedürfnissen der Hüttenbetriebe nicht entspricht. Ein Nachteil dieser technischen Lösung ist auch die Anfälligkeit für die Prüfungsfehler wegen der Ausbreitungsgeschwindigkeitsveränderungen der Ultraschallwellen bei der Abkühlung der Prüfungsobjekte, sowie die Oberflächentemperaturbegrenzung des Prüfungsobjektes, was unter Bedingungen der Industrieherstellung von großer Bedeutung ist.

Außerdem ist die praktische Umsetzung der bekannten technischen Lösung wegen der Anwendung der Lasertechnik und der Notwendigkeit einer Änderung der gegenseitigen Einordnung von den Arbeitselementen während der Gerätoperation erschwert, die eine komplizierte Koordinatenvorrichtung für ihre Positionierung verlangt; darunter muss der elektromagnetisch-akustische Prüfkopf (EMAT) über dem Fehler in unmittelbarer Nähe dazu positioniert werden, um Fehler zu detektieren. Die bekannte Lösung hat eine Ultraschallprüfungsumfangsbeschränkung und ist mit der Prüfungsmöglichkeit der Objekte nur mit einer ebenen Oberfläche beschränkt; sie *[die Lösung]* kann eine ungenügende Hochleistung der Prüfung wegen der geringen Grenzfrequenz der Laserstrahlungsimpulswiederholung, die in der Praktik mit 500 Hz im Vergleich zur hohen Wiederholungsfrequenz der Ultraschallimpulse von gewöhnlichen elektroakustischen Prüfköpfen von bis zu 8000 Hz begrenzt ist, sowie der Notwendigkeit zur Änderung der Zuordnung von den elektroakustischen Prüfköpfen und den Lichtwellenleitern während des Scannings



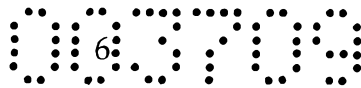
und der regelmäßigen Einstellung von optischen Geräten versorgen. Die bekannte technische Lösung kann auch kein akzeptables Prüfungszuverlässigkeitsniveau durch die Falschmeldungen bieten, die bei den Empfangswandlern aufgrund der regelmäßigen Rauigkeiten auf der Prüfungsobjektoberfläche als Resultat des technologischen Prozesses entstehen, was zur unbegründeten falschen Brackierung des Prüfungsobjektes führt.

Im Großen und Ganzen sind die bekannten technischen Lösungen für die Gießstrangprüfung sowie Brammen und Vorblöcke auf das Vorhandensein von GOUF nicht geeignet.

Bekanntwerden der Erfindung

Die technische Aufgabe ist die Verbesserung der Genauigkeits- und Zuverlässigkeitssteigerung der Ultraschallprüfung der Gießstränge sowie Brammen und Vorblöcke auf das Vorhandensein von GOUF unter Arbeitsbedingungen. In Bezug auf die technische Lösung nach RU 2262689 C1 besteht die positive Wirkung in der praktischen Ultraschallprüfungsmöglichkeit eines Prüfungsobjektes, wobei:

- 1) Reverberationsgeräuschpegel von der grobkörnigen Struktur des Prüfungsobjektes reduziert ist, was besonders wichtig für die Detektion von GOUF mit der schmalen Öffnungsbreite, Eindringtiefe und Länge ist,
- 2) Abhängigkeit der Empfindlichkeit der Ultraschallprüfung von der Temperatur des Prüfungsobjektes beseitigt ist; die Beschränkung nach der maximal zulässigen Ultraschallprüfungstemperatur der Prüfungsobjektoberfläche bis zu 1100 °C aufgehoben ist;
- 3) das Prüfungsverfahren und das Gerät für dieses Ziel vereinfacht sind, wobei GOUF detektiert werden, und es keine Notwendigkeit gibt, EMAT direkt über dem Fehler zu positionieren;
- 4) Prüfungsleistung erhöht ist;
- 5) mögliches Auftreten von Reverberationsgeräuschen vom Zunder des Prüfungsoberflächenobjektes beseitigt ist;
- 6) Detektion der Fehler unter dem Zunder möglich ist;



- 7) Gerätkalibrieren im Echtzeitbetrieb im ganzen Verlauf der Prüfung vorgesehen ist.

Das oben Genannte wird dadurch erreicht, dass das Verfahren der Ultraschallprüfung des Prüfungsobjektes auf das Vorhandensein von GOUF das akustische Scanning des Metallprüfungsobjektes und einen Vergleich des empfangenen Echosignals mit dem Entscheidungspegel einschließt, wobei Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ nach der getrennten Anschlussschaltung des Generators und des Empfängers durch das Echo-Impuls-Verfahren mit einer für Detektion von GOUF genügenden Ultraschallschwingungsfrequenz ausgestrahlt und empfangen werden.

In einem bestimmten Fall wird der Abstand zwischen dem Generator und dem Empfänger aus dem Verhältnis (1) ausgewählt.

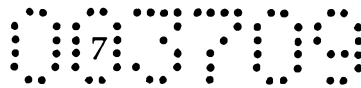
$$30 \text{ mm} \leq d \leq 500 \text{ mm} \quad (1)$$

Wo d der Abstand zwischen den Prüfköpfen ist.

In dem besonderen Fall ist das Referenzsignal regelmäßig generiert. Das Referenzsignal stellt sich als eine oberflächliche Rayleigh-Ultraschallwelle dar, die sich direkt vom Generator zum Empfänger nach dem kürzesten Weg zwischen ihnen ausbreitet. Entscheidungspegel wird durch die aktuelle Wertamplitude des genannten Referenzsignals eingestellt.

In einem anderen Fall wird der Entscheidungspegel durch die Differenz zwischen dem aktuellen Wert der Amplitude des Referenzsignals und dem Proportionalitätsfaktor zwischen den Amplituden des Referenzsignals und des Echosignals von GOUF vorgegeben.

In einem speziellen Fall wird auch das Referenzsignal auch als Testsignal verwendet.



In einem anderen speziellen Fall wird die Direkt- oder Rück- oder Restrückausstrahlung des Generators im selben Takt wie das Echosignal von GOUF als Referenzsignal registriert.

Im speziellen Fall wird das Referenzsignal durch die Ausstrahlung oder den Empfang vom Ultraschall in der Rückwärtsrichtung in einem zusätzlichen Takt gebildet, in dem das Echosignal von GOUF registriert wird.

In dem nächsten speziellen Fall wird das Generator-Empfänger-Paar nach den Verhältnissen (2) und (3) auf der schmalen oder breiten Seite des Prüfungsobjektes in Abhängigkeit von der Konstruktionsausführung des Rollgangs für die Prüfung der Kante und der Kantenzone des Prüfungsobjektes auf das Vorhandensein der Fehler vor allem mit der Querorientierung zum Prüfungsobjekt positioniert.

$$5^{\circ} \leq \alpha \leq 60^{\circ} \quad (2)$$

Wo α der Winkel zwischen der Achse L , auf der sich das Generator-Empfänger-Paar befindet, vorzugsweise ihre Zentren, und der Prüfungsobjektskante ist.

$$25 \text{ mm} < S < 500 \text{ mm} \quad (3)$$

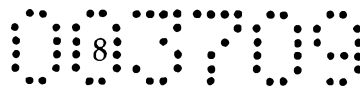
Wo S der Abstand zwischen der Prüfungsobjektkante und dem Zentrum des nächstgelegenen Prüfkopfes der Generator-Empfängerachse entlang ist.

In dem Spezialfall wird das Generator-Empfänger-Paar nach dem Verhältnis (4) für die Prüfung der Prüfungsobjektkante auf das Vorhandensein der Längsorientierungsfehler positioniert.

$$\alpha = 90^{\circ} \quad (4)$$

Wo α der Winkel zwischen der Achse L , auf der sich das Generator-Empfänger-Paar befindet, vorzugsweise ihre Zentren, und der Prüfungsobjektkante ist.

Im anderen Sonderfall wird das Generator-Empfänger-Paar nach dem Verhältnis (5) zur Prüfung der Prüfungsobjektkante auf das Vorhandensein der Querorientierungsfehler positioniert.



$$\alpha = 0^\circ$$

(5)

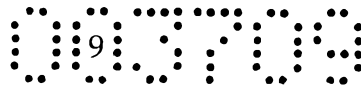
Wo α der Winkel zwischen der Achse L , auf der sich das Generator-Empfänger-Paar befindet, vorzugsweise ihre Zentren, und der Prüfungsobjektkante ist.

Außerdem wird der positive Effekt dadurch erreicht, dass das Gerät zur Ultraschallprüfung der Prüfungsobjekte auf das Vorhandensein von GOUF mindestens ein EMAT-Paar, eine Funktionseinheit zur Ultraschallprüfung mit dem für Detektion von GOUF der Prüfungsobjekte genügenden Echo-Impuls-Verfahren, eine Funktionseinheit zur Referenzsignalbildung, ein technisches Mittel zur Steuerung und Verarbeitung von Messdaten enthält. Dabei sind die Prüfköpfe so aufgebaut, dass sie eine Möglichkeit haben, als Generator und Empfänger der oberflächlichen Ultraschallwellen vom Rayleigh-Typ zu funktionieren; sie sind elektrisch mit dem technischen Mittel gebunden, um zu steuern, und um die Messdaten durch genannte Funktionseinheiten zu erarbeiten. Dabei funktionieren die Prüfköpfe nach der getrennten Prüfschaltung.

In dem besonderen Fall sind die Funktionseinheit zur Referenzsignalbildung und das technische Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten so aufgebaut, dass sie eine Möglichkeit haben, das Referenzsignal in dem gleichen Takt zu bilden, in dem das Echosignal von GOUF registriert wird. Dabei hat der Generator einen aktiven Element (Fig. 8), oder der Empfänger hat einen aktiven Element (Fig. 6).

In dem Sonderfall sind auch die Funktionseinheit zur Referenzsignalbildung und das technische Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten so aufgebaut, dass sie eine Möglichkeit haben, das Referenzsignal in dem zusätzlichen Takt zum Takt, in dem das Echosignal von GOUF registriert wird, zu bilden. In diesem Fall hat der Generator zwei aktive Elemente (Fig. 10), oder der Empfänger hat zwei aktive Elemente (Fig. 3).

In einem anderen besonderen Fall wird das technische Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten so aufgebaut, dass es eine Möglichkeit hat, den Entscheidungspegel als Differenz zwischen dem aktuellen Wert der Amplitude des



Referenzsignals und dem Proportionalitätsfaktor zwischen den Amplituden des Referenzsignals und des Echsignals von GOUF einzustellen.

In dem nächsten besonderen Fall werden EMAT als Prüfköpfe verwendet.

Im anderen Spezialfall wird der Abstand zwischen den Prüfköpfen nach dem Verhältnis (1) ausgewählt.

Beschreibung der Zeichnungsfiguren

Die Erfindung wird durch die folgenden Illustrationen erläutert.

Fig. 1: Fehlerdetektionsgerät zur Ultraschallprüfung während des Scannings der oberen Oberfläche des Prüfungsobjektes.

Fig. 2: vereinfachtes Struktur-Funktionsschema des Gerätes zur Ultraschallprüfung.

Fig. 3: die erste Prüfschaltung, Mehrtaktschaltung, das Referenzsignal wird in einem zusätzlichen Takt generiert. Dabei wird die Ausstrahlung in der Rückwärtsrichtung empfangen, und der Empfänger hat zwei aktive Elemente, Planansicht.

Fig. 4: A-Bild des Nutzungssignals für die erste Prüfschaltung.

Fig. 5: A-Bild des Referenzsignals für die erste Prüfschaltung.

Fig. 6: die zweite Prüfschaltung, Eintaktschaltung; die Restdirektstrahlung wird von dem Empfänger mit einem aktiven Element als das Referenzsignal registriert, Planansicht.

Fig. 7: A-Bild des Referenzsignals und des Nutzungssignals für die zweite Prüfschaltung.

Fig. 8: die dritte Prüfschaltung, Eintaktschaltung; eine Restrückstrahlung wird mit dem Empfänger mit einem aktiven Element als das Referenzsignal registriert, Planansicht.

Fig. 9: A-Bild des Referenzsignals und des Nutzungssignals für die dritte Prüfschaltung.

Fig. 10: die vierte Prüfschaltung, Mehrtaktschaltung; der Generator hat zwei aktive Elemente; das Referenzsignal wird in der Rückwärtsrichtung in einem zusätzlichen Takt generiert, Planansicht.

Fig. 11: A-Bild des Nutzungssignals für die vierte Prüfschaltung.

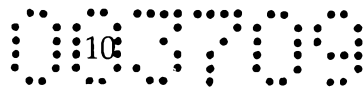


Fig. 12: A-Bild des Referenzsignals für die vierte Prüfschaltung.

Fig. 13: Schematische Darstellung der aktiven Elemente von EMAT.

Fig. 14 und 15: Einseitige Direktstrahlung von EMAT.

Fig. 16 und 17: Einseitige Rückstrahlung von EMAT.

Fig. 18: Zweiseitige Strahlung von EMAT.

Fig. 19: die Position der Scanningseinheit auf der Prüfungsobjektsseite bei der Prüfung der Kante und Kantenzone, Planansicht.

Fig. 20: die Position der Scanningseinheit bei der Prüfung der Kante und der Kantenzone, Planansicht.

Fig. 21: die Position der Scanningseinheit bei der Längsfehlerdetektion, Planansicht.

Fig. 22: die Position der Scanningseinheit bei der Ultraschalldetektion der Querfehler, Planansicht.

Fig. 23: der bevorzugte Ultraschallprüfungsalgorithmus bei der Empfindlichkeitseinstellung nach dem Amplitudenverfahren.

Fig. 24: Konstruktion der Scanningseinheit für die horizontalen Oberflächen.

Fig. 25: Konstruktion der Scanningseinheit für die horizontalen Oberflächen; Seitenansicht im Schnitt.

Fig. 26: Positionierung der Scanningseinheit auf der oberen Prüfungsobjektseite, Seitenansicht.

Fig. 27: Scanningseinheit für die Vertikalseiten befindet sich von der schmalen Prüfungsobjektseite.

Fig. 28: Scanningseinheit befindet sich auf der Prüfungsobjektseite, Seitenansicht.

Die beste Ausführungsform der Erfindung

Die Erfindungsumsetzung ist am Beispiel der Ultraschallprüfung des Prüfungsobjektes - die Bramme - gezeigt.

Prüfungsobjekt 1 wird in eine Prüfungszone in der horizontalen Lage dem Rollgang 2 (Fig. 1) entlang zugeliefert. Automatik bringt das Fehlerdetektionsgerät für Ultraschallprüfung in seine Startposition und startet das Scannen des Prüfungsobjektes 1 durch seine Durchleuchtung mit den Ultraschallwellen 3 für die Ultraschallprüfung und Diagnostik. Nach den Ergebnissen wird es über die

Entsprechung des Prüfungsobjektes 1 den Qualitätsforderungen für die Walzerzeugnisherstellung entscheidet.

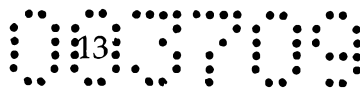
Das Gerät zur Ultraschallprüfung hat eine Scanningseinheit 4, ein technisches Koordinatenmittel 5 zur Positionierung und Bewegung der Scanningseinheit 4 in Bezug auf das Prüfungsobjekt 1, ein elektronischer Block 6 zur digitalen Datenverarbeitung, Generierung, Verstärkung und anderen Verarbeitungen der elektrischen Signale. Einheit 4 enthält wenigstens ein Paar von EMAT 7 und 8 (Fig. 2), die ein Generator und ein Empfänger von oberflächlichen Ultraschallwellen vom Rayleigh-Typ demgemäß sind. EMAT 7 enthält ein oder zwei aktive Elemente, was von dem voraussichtlichen Betriebsmodus abhängig ist. Ein aktives Element bietet zweiseitige Ausstrahlung/zweiseitigen Empfang, zwei aktive Elemente bieten einseitige Ausstrahlung/einseitigen Empfang; demgemäß ist EMAT zweiseitig oder einseitig. Dabei kann man einfache Hochfrequenzspule verwenden (Hirao M. 20 EMATS for science and industry: noncontacting ultrasonic measurements. Kluwer Academic Publishers, 2003, pp. 69-71). Das technische Mittel 5 ist in Form einer Balkenkonstruktion mit zwei Führungsbahnen und elektromechanischen Antriebe aufgebaut, um die Scanningseinheit 4 in unmittelbarer Nähe von der Oberfläche des Prüfungsobjektes 1 (Fig. 1) zu bewegen. Der elektronische Block 6 enthält eine Funktionseinheit 9 zur Ultraschallprüfung des Prüfungsobjektes 1 mit dem Echo-Impuls-Verfahren, eine Funktionseinheit 10 zur Referenzsignalbildung, ein technisches Mittel 11 zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten sowie ein Display 12 zur Informationsanzeige (Fig. 2) oder ein anderes Visualisierungsmittel.

Scanningseinheit 4 ist fest mit den Trägerelementen des technischen Mittels 5 verbunden. Der elektronische Block 6 ist mit der Scanningseinheit 4 und den elektromechanischen Antrieben des technischen Mittels 5 elektrisch verbunden. EMAT 7 und 8 sind miteinander über den Prüfungsobjektkörper 1 akustisch verbunden. Eingang von EMAT 7 ist elektrisch mit dem Ausgang der Funktionseinheit 9 elektrisch verbunden; der Ausgang von EMAT 8 ist elektrisch mit den Eingängen von den Funktionseinheiten 9 und 10 elektrisch verbunden. Seinerseits sind die Einheiten 9, 10 unabhängig mit dem technischen Mittel 11 zur Steuerung und Verarbeitung von Messdaten durch parallele elektrische Einschaltung verbunden.

EMAT 7 und 8 sind räumlich für die Einschaltung nach der getrennten Prüfschaltung aus dem Verhältnis (1) getrennt, dabei sind ihre Arbeitsflächen zu der Oberseite des Prüfungsobjektes 1 parallel. EMAT 7 und 8 sind von der Oberfläche des Prüfungsobjektes 1 mit einem Luftspalt abgetrennt, um EMAT 7, 8 von den mechanischen und Wärmeschaden zu sichern. Das technische Mittel 5 ist so aufgebaut, dass es eine Möglichkeit hat, die Scanningseinheit 4 in Bezug auf das Prüfungsobjekt 1 nach den Verhältnissen (2)-(5) zu positionieren und zu bewegen, um die gesamte Ansichtsfläche des Prüfungsobjektes mit der Arbeitszone von der Scanningseinheit 4 völlig abzudecken.

Funktionseinheit 9 zur Ultraschallprüfung ist so aufgebaut, dass sie eine Möglichkeit hat, das Prüfungsobjekt 1 mit der für die Detektion von GOUF genügenden Ultraschallschwingungsfrequenz mit Ultraschall durchzuleuchten. Das technische Mittel 11 zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten ist so aufgebaut, dass es seine Möglichkeit hat, den Betrieb des Gerätes einzutakten, den Betrieb der Einheiten 9 und 10 zu steuern, den Proportionalitätsfaktor zwischen den Amplituden des Referenzsignals und des Echsignals vom Fehler auszurechnen, den Entscheidungspegel durch die Differenz zwischen dem aktuellen Wert der Amplitude des Referenzsignals und dem genannten Faktor einzustellen, sowie das empfangene Nutzechosignal mit dem eingestellten Entscheidungspegel zu vergleichen.

Vor Ultraschallprüfungsbeginn wird die Funktionsfähigkeit des Gerätschallweges geprüft, und seine Empfindlichkeit wird eingestellt. Funktionsfähigkeit des Schallweges und das Vorhandensein des akustischen Kontakts werden durch die Referenzsignaldarstellung im Monitor 12 geprüft. Empfindlichkeitseinstellung kann durch das Amplitudenverfahren in Bezug auf das Referenzsignal unter Berücksichtigung des Proportionalitätsfaktors durchgeführt werden, oder mit der Verwendung des künstlichen Reflektors, dessen Größe nach seinem Rückstrahlvermögen dem zu detektierenden Fehler entspricht. Bei dem Amplitudenverfahren wird die Scanningseinheit 4 auf der Oberoberfläche des Prüfungsobjektes 1 positioniert; Die Erscheinung des stabilen Referenzsignals wird auf dem Display 12 erzielt; der Entscheidungspegel wird eingestellt. Mit der



Verwendung des künstlichen Reflektors wird die Scanningseinheit 4 so positioniert, damit die maximale Amplitude des Echosignals von dem künstlichen Reflektor erhalten wird; danach wird der entsprechende Entscheidungspegel eingestellt.

Nachher wird die Gerätoperation nach einem von vier möglichen Prüfschaltungen (Fig. 3-12) eingestellt, die durch die Anordnung von EMAT 7 und 8 in Bezug auf GOUF 13 sowie die Taktung ihres Synchronbetriebes gekennzeichnet sind. Bei der Realisierung des Gerätes mit mehr als ein Paar von EMAT 7 und 8 wird die richtige Kombination dieser Prüfschaltungen ausgewählt.

In jedem Paar sind EMAT 7-8 reihenhaft in Bezug auf GOUF 13 eingeordnet; Zentren von EMAT 7-8 und GOUF 13 befinden sich auf einer Linie im Plan. Dabei kann das Referenzsignal aus einem registrierten Signal von der Rayleigh-Welle gebildet werden, die sich direkt vom Generator 7 zum Empfänger 8 über den kürzesten Weg zwischen ihnen ausbreitet. Es ermöglicht die Referenzsignalregistrierung bei dem Vorhandensein von GOUF 13 sowie bei keinen GOUF 13. In der ersten Prüfschaltung (Fig. 3) befindet sich der Empfänger 8 zwischen dem Generator 7 und GOUF 13. Der Empfänger 8 hat zwei aktive Elemente, die einen einseitigen Ausstrahlungsempfang versorgen. Die Referenzsignalbildung wird dabei in einem zusätzlichen Takt zum Takt durchgeführt, in dem das Echosignal von GOUF 13 registriert wird. Die zweite Prüfschaltung (Fig. 6) unterscheidet sich von der ersten Prüfschaltung dadurch, dass der Empfänger 8 ein aktives Element hat, das den zweiseitigen Ausstrahlungsempfang ermöglicht. Dabei wird die Referenzsignalbildung in demselben Takt wie Registrierung der Rückausstrahlung von GOUF 13 gebildet. Nach der dritten Prüfschaltung (Fig. 8) befindet sich der Generator 7 zwischen dem Empfänger 8 und GOUF 13 und hat ein aktives Element, das eine zweiseitige Ausstrahlung der Ultraschallwelle ermöglicht. Dabei strahlt der Generator 7 in einem Takt die Ultraschallwelle, um GOUF 13 zu finden und das Referenzsignal zu bilden. Der Unterschied der vierten Prüfschaltung (Fig. 10) von der dritten Prüfschaltung besteht im Funktionieren des Generators. Der Generator 7 hat zwei aktive Elemente, die einseitige Ausstrahlung der Ultraschallwelle bieten; der Generator 7 strahlt in einem Takt die Ultraschallwelle aus, um GOUF 13 zu finden, und er strahlt in einem zusätzlichem Takt aus, um das Referenzsignal zu bilden.

Im Fall, wenn der Generator 7 zwei aktive Elemente hat, wird die Mehrtaktschaltung der Ausstrahlung (Fig. 10) gebraucht. Dabei sind die aktiven Elemente 14 und 15 räumlich in Bezug aufeinander zu Wert von $d/2$ (Fig. 13) verschoben, wobei d der Abstand zwischen den Leitern des aktiven Elements ist, wobei $d = \lambda/2$ ist, wo λ Rayleigh-Wellenlänge ist, dabei $\lambda = C/f$ ist, wo C Geschwindigkeit der Rayleigh-Welle im Metall des Prüfungsobjektes ist; f die Frequenz der Rayleigh-Ultraschallwellen ist.

Direkte Ausstrahlung (Fig. 14 und 15) wird beim Scanning des Prüfungsobjektes im Takt zum Suchen von GOUF 13 realisiert, dabei wird das elektrische Signal zum Generieren des Sendeimpulses zuerst auf das erste aktive Element 14 dann auf das zweite aktive Element 15 mit dem Zeitversatz Δt von Sendeimpulsen 16, 17 angeliefert. In der Regel ist $\Delta t = T/4$ mit der Genauigkeit von $\pm 10\%$ vom Nominalwert Δt , wobei $T = 1/f$ ist.

Ausgestrahlte Impulse in der Direktrichtung von zwei aktiven Elementen 14, 15 werden in gleicher Phase addiert; Signalamplitude 18 wird durch die Interferenz erhöht, dabei hat der Anfang des Ausstrahlungsimpulses 17 einen Zeitversetz Δt in Bezug auf Sendeimpuls 16.

Rückausstrahlung ist restlich; Impulse von 2 aktiven Elementen 14, 15 werden durch die Interferenz abgeschwächt (das Signal 19), dabei hat die Impulsausstrahlung den Zeitversetz Δt in Bezug auf den Sendeimpuls.

Die Ausstrahlung wird durch die Elektronik für die Ausstrahlung und drauffolgendes Referenzsignal in dem zusätzlichen Takt rückweise gemacht (Fig. 16 und 17), dabei wird das elektrische Signal für die Sendeimpulsbildung auf das zweite aktive Element 15 dann auf das erste aktive Elemente 14 mit demselben Zeitversetz Δt von den Sendeimpulsen wie bei der Direktstrahlung geliefert. Aufgrund der Interferenz werden die von den aktiven Elementen und rückwärts ausstrahlenden Impulse in gleicher Phase addiert; die Signalamplitude 20 wird erhöht; die Ausstrahlungsamplitude 21 in der Direktrichtung wird abgeschwächt, dabei hat der

Anfang des Ausstrahlungsimpulses 16 einen Zeitversetz Δt in Bezug auf Sendeimpuls 17.

Wenn der Empfänger 8 zwei aktive Elemente hat (Fig. 3), wird die Mehrtaktschaltung für den Ausstrahlungsempfang gebraucht. Dabei sind die aktiven Elemente 14, 15 des Empfängers 8 auch räumlich in Bezug aufeinander zum Wert von $d/2$ (Fig. 13) verschoben. In diesem Fall empfängt der Empfänger 8 in der Direktichtung die Wiederausstrahlung von GOUF 13 zuerst auf das erste aktive Element 14 dann auf das zweite aktive Element 15, dabei hat der Empfänger 8 eine Verzögerungsstrecke und einen Addierer für die empfangenen Signale. In dem zusätzlichen Takt wird das Signal zuerst aus dem zweiten Element 15 und danach aus dem ersten Element 14 für den Empfang und die darauffolgende Referenzsignalbildung empfangen; die Empfangsrichtung wird für rückwärtige Richtung verändert; die Verzögerung und ein Summieren werden realisiert.

Im Fall, wenn die Eintaktschaltung der Ausstrahlung (Fig. 8) realisiert wird, d.h. der Generator 7 hat ein aktives Element 14, realisiert sich die zweiseitige Ausstrahlung in demselben Takt für die Suche von GOUF 13 sowie für Referenzsignalbildung. Dabei verbreiten sich die ausstrahlenden Impulse 22, 23 in beiden Richtungen, d.h. in Richtung von GOUF 13 und in Richtung des Empfängers 8, sie haben die gleiche Intensivität (Fig. 18).

Wenn der Empfänger 8 ein aktives Element (Fig. 8) hat, wird die Eintaktschaltung für den Empfang gebraucht; zweiseitiger Empfang wird in demselben Ausstrahlungstakt von GOUF 13 registriert, und die Ausstrahlung von dem Generator 7 zur Referenzsignalbildung realisiert wird.

Die aufgezählten Prüfschaltungen liefern ungefähr die gleiche Prüfungsleistung trotz der Tatsache, dass die Signalamplitude der Ausstrahlung oder des Empfangs zweimal schwächer bei der Eintaktschaltung als die Signalamplitude bei der Mehrfachschaltung ist, die sich durch die Interferenz erhöht.

Nach der Auswahl der Prüfschaltung, werden die Steuersignale von dem technischen Mittel 11 zu den elektromechanischen Antrieben des technischen Mittels

5 zur Positionierung der Einheit 4 zugeliefert. Wenn die Prüfung der Kante 24 und der Kantenzone des Prüfungsobjektes 1 auf das Vorhandensein von GOUF von jeder Orientierung vorausgesetzt wird, so wird das Generator-Empfänger-Paar nach den Verhältnissen (2) und (3) positioniert oder nach der Schaltung, die im Fig. 19 oder 20 dargestellt ist. Die beiden Schaltungen sind bei der Prüfung ohne Zuverlässigkeitssenkung angewendet. Das Generator-Empfänger-Paar wird nach dem Verhältnis (4) positioniert, um die Seite des Prüfungsobjektes 1 auf das Vorhandensein von GOUF der Längsorientierung (Fig. 21) zu prüfen; das Generator-Empfänger-Paar wird nach dem Verhältnis (5) positioniert, um die Seite des Prüfungsobjektes 1 auf das Vorhandensein von GOUF der Querorientierung (Fig. 22) zu prüfen. Dabei sind die Schaltungen mit umgekehrter Positionierung von dem Generator 7 und dem Empfänger 8 in Bezug auf die Prüfungsobjektseite 1 möglich.

Danach wird ein Impulssignal durch den Generator 7 gesendet, das eine Ultraschallwelle vom Rayleigh-Typ generiert, die sich in Scanningsrichtung des Prüfungsobjektes 1 sowie in Empfängerrichtung 8 verbreitet. Direkte oder rückwärtige Restrückultraschallstrahlung des Generators 7 in demselben Takt sowie das von GOUF 13 reflektierte Signal werden durch den Empfänger 8 als Referenzsignal registriert; oder wird das Referenzsignal in einem zusätzlichen Takt durch die Ausstrahlung und den Empfang in der Rückwärtsrichtung gebildet. Akustisches Scanning des Prüfungsobjektes 1 wird durch das Echo-Impuls-Verfahren durchgeführt, das sich auf Durchleuchtung des Prüfungsobjektes mit den Ultraschallimpulsen und der Registrierung ihrer Rückstrahlung von GOUF 13 gründet. Dabei werden die oberflächlichen Ultraschallwellen vom Rayleigh-Typ von GOUF 13 in dem Prüfungsobjekt 1 rückgestrahlt; die Ultraschallschwingungsfrequenz wird nach dem Verhältnis zur Detektion von GOUF von der nötigen Größe ausgewählt.

Das Referenzsignal wird als Testsignal zur Leistungsfähigkeitsprüfung des Gerätes und zur Prüfung auf das Vorhandensein des akustischen Kontakts sowie zur Einstellung des Entscheidungspegels verwendet.

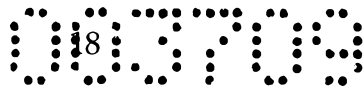
Wenn das Referenzsignal nicht registriert wurde, so bedeutet solche Prüfung keine Leistungsfähigkeit des Geräts und/oder keinen akustischen Kontakt. So ist die Prüfung durch ihre Unzuverlässigkeit nicht möglich.

Da das Referenzsignal den gleichen negativen Einflussfaktoren wie das Nutzechosignal unterzogen wurde, so werden die Amplituden des Referenzsignals und des Nutzechosignals von GOUF 13 miteinander direkt proportional verbunden. Daher wird der Entscheidungspegel in jedem Messtakt dynamisch eingestellt, wenn das Referenzsignal und das von GOUF 13 zurückgestrahlte Nutzechosignal registriert wurden. Der Entscheidungspegel ergibt sich als Differenz zwischen dem aktuellen Wert der Amplitude des Referenzsignals und dem Proportionalitätsfaktor K zwischen den Amplituden des Referenzsignals und des Echsignals von GOUF 13. Der Faktor K ist empirisch bei der Geräteeinstellung gefunden.

Dann wird die Einheit 4 über die Oberfläche des Prüfungsobjektes 1 aus dem Startpunkt des Scannings einer vorbestimmten Bahn entlang bewegt, um den gesamten Prüfungsbereich abzudecken.

Wenn das rückausgestrahlte Echsignal registriert ist, so wird sein Pegel mit dem früher eingestellten Entscheidungspegel verglichen. Wenn die Signalamplitude den Entscheidungspegel nicht übersteigt, so entscheidet das technische Mittel 11 für Steuerung und Messdatenverarbeitung, dass detektierte Inhomogenität zulässig ist, und macht das Scanning weiter. Andersfalls wird es über einem unzulässigen GOUF im Prüfungsobjekt 1 signalisiert. Nach dem Amplitudenpegel des Echsignals wird es nach der ungefähren Größe von GOUF 13 entschieden; wenn die Laufzeit des Referenzsignals und der rückgestrahlten Welle bekannt sind, werden die Raumkoordinaten dieses Fehlers (Fig. 23) ausgerechnet.

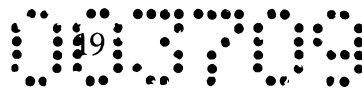
Die Auswahl des Echo-Impuls-Verfahrens zur Ultraschallprüfung für Detektion von GOUF ist durch den hohen Informationsgehalt und die Leichtigkeit der Durchführung des Verfahrens bedingt. Außerdem braucht das Echo-Impuls-Verfahren die freie Verfügbarkeit nur zu einer Prüfungsobjektseite, was man sehr einfach in den Produktionsbedingungen im Vergleich zur Verfügbarkeit von zwei und mehreren Seiten organisieren kann. Das Echo-Impuls-Verfahren ermöglicht auch die



Beseitigung von den Reverberationsgeräuschen von grobkörniger Struktur des Prüfungsobjektes sowie von den Reverberationsgeräuschen vom Zunder auf der Prüfungsobjektoberfläche, die die Operation des Ultraschallprüfungsgeräts begleiten und Signalregistrierung von GOUF stören.

Der Reverberationspegel von grobkörniger Struktur des Prüfungsobjektes, dem Zunder und der Oberflächenrauigkeit ist durch die Ausstrahlung und den Empfang der Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ nach der getrennten Anschlussschaltung des Generators und des Empfängers durch das Echo-Impuls-Verfahren reduziert. Geräuschpegelreduzierung von den einige Male zurückausgestrahlten Signalen ist durch die Signaldämpfung bei ihrem Durchgehen durch das Prüfungsobjekt bedingt. Da das einige Male zurückausgestrahlte Signal immer weniger intensiv im Vergleich zu dem Nutzechosignal ist, so verschwindet das einige Male zurückausgestrahlte Signal bei dem Durchgehen des gleichen Wegs bis zum Empfänger, und bleibt nur das geschwächte Nutzechosignal, das ausreichende Intensivität hat, um registriert zu sein. Dabei ist es zweckmäßig, den Abstand zwischen den Prüfköpfen nach der Voraussetzung (1) auszuwählen, um maximale Reduzierung des Reverberationsgeräuschpegels von grobkörniger Struktur des Prüfungsobjektes bei der minimalen Abschwächung des Nutzechosignals von GOUF zu erreichen. Experimentalforschungen haben gezeigt, dass die durch den Zunder und die grobkörnige Struktur entstehenden und die Nutzsignale maskierenden Geräusche bei der Ausstrahlung und dem Empfang der Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ nach der kombinierten Anschlussschaltung des Generators und des Empfängers durch das Echo-Impuls-Verfahren in dem Monitor des Ultraschallprüfungsgeräts beobachten werden, was es unmöglich macht, über die Anwesenheit von GOUF im Prüfungsobjekt zu entscheiden. Aber das Echosignal von GOUF wurde beim Gebrauch der getrennten Schaltung anstatt der kombinierten Anschlussschaltung beobachtbar. Es ermöglichte eine praktische Durchführung der Ultraschallprüfung der Gießstränge.

Der niedrige Reverberationsgeräuschpegel von grobkörniger Struktur ist auch durch das Scanning des Prüfungsobjektes mit den Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ bedingt, d.h. diese Wellen leuchten die oberflächliche Prüfungsobjektschicht, die GOUF enthalten kann, mit Ultraschall durch, ohne innere



und Fußseite des Prüfungsobjektes mit Ultraschall durchzuleuchten und ohne zusätzliche Geräusche dadurch zu bilden. Außer Obengenannten, ermöglichten die Rayleigh-Wellen durch ihre Verbreitung der Oberfläche entlang einen Verzicht auf das Vollscanning der ganzen Prüfungsobjektoberfläche Punkt für Punkt, das für das Echo-Impulse-Verfahren in seiner klassischen Variante bei der Einführung der Ultraschallschwingungen unter dem Winkel oder normal zur Prüfungsobjektoberfläche typisch ist, was die Leistungsfähigkeit der Prüfung als Resultat erhöht. Die oberflächlichen Rayleigh-Wellen befreien das Echo-Impulse-Verfahren von dem dafür typischen Schattenbereich unter der Prüfungsobjektoberfläche, wo die Fehler bei der Einführung von Ultraschallschwingungen unter dem Winkel oder normal zur Prüfungsobjektoberfläche nicht detektiert sein können, was die Detektion von GOUF mit dem Echo-Impulse-Verfahren ermöglicht.

Der von grobkörniger Struktur des Prüfungsobjektes entstandene Reverberationspegel wird im Verhältnis zu dem Nutzechosignal durch die dynamische Kalibrierung zusätzlich reduziert, die in Bezug auf das Referenzsignal durchgeführt wird, und die das Nutzsignal aus den Geräuschen durch die automatische und nach dem Referenzsignalpegel funktionierte Verstärkung aussuchen hilft. Dynamische Kalibrierung beseitigt auch die Abhängigkeit zwischen der Prüfungsempfindlichkeit und der Objekttemperatur sowie befreit von der Beschränkung nach der maximalen für die Prüfung zulässigen Temperatur der Prüfungsobjektoberfläche im Teil von der nötigen Dynamikdehnung der zuverlässigen Messungen. Die Benutzung des Referenzsignals erhöht die Zuverlässigkeit der Prüfung. Die Beschränkung nach der maximalen für die Prüfung zulässigen Temperatur der Prüfungsobjektoberfläche wegen der möglichen Beschädigung der Scanningseinheit ist durch das Prüfungsobjektscanning mit dem Luftspalt zwischen seiner Oberfläche und der Arbeitsoberfläche von EMAT beseitigt. Anspruchslosigkeit von EMAT zur Qualität der Prüfungsobjektoberfläche muss zu den Vorteilen des Gebrauchs von EMAT zugezählt werden.

Neben der Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Prüfung durch den Gebrauch von den Rayleigh-Wellen für die Prüfung der Kante und Kantenzone des Prüfungsobjektes auf das Vorhandensein von GOUF von jeder Orientation, die

Prüfung der Prüfungsobjektkante auf das Vorhandensein von GOUF der Längs- oder Querorientierung werden die Verhältnisse (2)-(5) gehalten, um die maximale Leistungsfähigkeit zu bekommen, weil diese Verhältnisse (2)-(5) eine optimale Geometrie für die Lösung der oben aufgezählten Aufgaben bieten. Gebrauch des Referenzsignals als Testsignal erlaubt es, den arbeitsunfähigen Weg oder den Verlust des akustischen Kontakts schnell festzustellen und den Leistungsabfall der Prüfung wegen der nötigen Nachprüfung der Prüfungsobjekte zu vermeiden. Keine Abhängigkeit von der Anordnung des Generators und des Empfängers zum Beispiel in Bezug auf die Prüfungsobjektkante erlaubt es, die Scanningsrichtung ohne Positionsänderung von EMAT zu verändern, was schnelle Prüfung bietet, und die Leistungsfähigkeit der Prüfung erhöht.

Die vorliegende Lösung erlaubt die Detektion von GOUF und hat dabei die technische Einfachheit. Die Kombination der Durchleuchtung des Prüfungsobjektes mit den Ultraschallwellen vom Rayleigh-Typ nach der getrennten Anschlussschaltung des Generators und des Empfängers mit dem Echo-Pulse-Verfahren ist nicht nur einfach aber erlaubt es auch, auf die Registration vom Bodensignal bei der vertikalen Einführung des Ultraschalls bei dem klassischen Echoverfahren zu verzichten, und, als Resultat, die Beschränkungen nach der dicken Prüfungsobjektdicken aufzuheben, und die Notwendigkeit, EMAT gleich über den Fehler zu positionieren, zu vermeiden. Dabei ist es nicht nötig, das Messgerät für Verstimmung der zusammen mit dem Bodensignal ankommenden Schallgeräusche zu komplizieren, und Bodensignalverzerrung wegen der Streueigenschaften und Prüfungsobjektstruktur nach der Dicken zu berücksichtigen. Verzicht auf Durchleuchtung mit Ultraschall der großen Dicken erlaubt den Gebrauch der niedrigen Sondierungsfrequenzen, die die Detektion von GOUF verschlechtern. Es ist ausreichend, ein gewöhnliches elektrisches Gerät für die Prüfung durch das Echo-Impulse-Verfahren mit der Ultraschallschwingungsfrequenz für Detektion von GOUF zu benutzen. Prüfschaltung unterscheidet sich durch die Einfachheit, nach der das Sendeimpuls angeliefert wird, das Ultraschallwelle generiert, die sich in dem Prüfungsobjekt verbreitet. Dabei registriert der Empfänger als das Referenzsignal die Generatorausstrahlung und als Nutzechosignal – Fehlerausstrahlung in Form von zurückausgestrahltem Signal. Einfachheit ist auch für die Taktung kennzeichnend, was die praktische Verwirklichung des Verfahrens und des Geräts vereinfacht.

Die Scanningseinheit in der besten Variante der Verwirklichung der vorliegenden Erfindung hat die Konstruktion (Fig. 24 und 25), die den Messmodul mit zwei EMAT 7, 8, die aus den identischen Magnetisierungsspulen 25 und dem gesamten U-förmigen Magnetleiter 26 bestehen, die im Gehäuse 27 auf dem Fußteil 28 gesetzt werden. Auch die Scanningseinheit enthält die Laufrollen 29 aus dem hartmetallischen und hochtemperaturbeständigen Material, um den nötigen Spalt zwischen dem Prüfungsobjekt und EMAT zu bieten. Anstatt den Laufrollen 29 können die hartmetallischen Kufen oder die Druckluftzuleitung zur Schaffung des Luftspaltes gebraucht werden.

Die Scanningseinheit wird auf der oberen Kante des Prüfungsobjektes 1 (Fig. 26) positioniert; sie wird über seine Oberfläche im Prüfungsprozess verschoben.

Um die vertikalen Oberflächen zu scannen, wird die Scanningseinheit mit den Greifrollen 30 (Fig. 27 und 28) ergänzt, die die freie Vertikalverschiebung des Messmoduls bei dem Scannen von der Fugenfläche des Prüfungsobjektes 1 beseitigt.

Für die Prüfung ist es ausreichend, zwei EMAT mit einem oder zwei aktiven Element(e) zu haben, der (die) aus den identischen elektrischen Magnetisierungsspulen 25 auf dem gemeinsamen Magnetleiter 26 gemacht wird (werden), was die Einfachheit der Gerätkonstruktion für Ultraschallprüfung bietet. Die Einfachheit ist für die Konstruktion von zweiseitigem EMAT mit einem aktiven Element kennzeichnend. Aber das Signal von dem einseitigen EMAT mit zwei aktiven Elementen übersteigt das Signal von zweiseitigen EMAT wenigstens zweimal durch die Signalinterferenz von zwei aktiven Elementen; sie erhöht die Amplitude des resultierenden Signals, was sehr wichtig bei der Objektprüfung mit grobkörniger Metallstruktur ist. Auch einseitiger EMAT erlaubt es, relativ einfach im Vergleich zu dem zweiseitigen EMAT zu verstehen, in welcher von zwei möglichen Richtungen einen Fehler registriert wurde, was die Einfachheit der genauen Lokalisierung seiner Position ermöglicht.

Gebrauch von Laufrollern 29 und Greifrollern 30 ermöglichte es, das Mittel 5 für die Positionierung und Bewegung von EMAT ohne komplizierten Mechanismus für Aufrechterhaltung des ständigen Luftspalts auszuführen.

Arbeitselemente von EMAT 7, 8 verfolgen die Form der Oberflächenrauigkeiten des Prüfungsobjektes 1, was es ermöglicht, ständigen Luftspalt bei der Prüfung der Prüfungsobjekte zu halten, deren Oberfläche rauch ist, und die insbesondere mit dem Zunder abgedeckt ist, sowie ermöglicht es, die die Fehler unter dem Zunder zu detektieren. Die unbeweglichen Elemente des Magnetsystems von EMAT 7, 8 in vertikaler Fläche in Bezug auf die Roller 29 vereinfacht die Gerätkonstruktion.

Als Resultat bietet die vorliegende technische Lösung die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ultraschallprüfung von Gießsträngen sowie Bramme und Vorblock auf das Vorhandensein von GOUF im Echtzeitbetrieb im Strom der Produktionslinie und kann das Eindringen des fehlerhaften Walzerzeugnisses in die Produktion vermeiden.

Innsbruck, am 12. Juli 2018

Patentansprüche

1. Verfahren für Ultraschallprüfung eines Prüfungsobjektes auf das Vorhandensein von gefährlichen oberflächlichen und unteroberflächlichen Fehlern (GOUF), einschließlich das akustische Scanning des Metallobjektes und den Vergleich des empfangenen Echosignalpegels mit dem Entscheidungspegel, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenultraschallwellen vom Rayleigh-Typ nach der getrennten Anschlussschaltung des Generators und des Empfängers mit dem Echo-Impulse-Verfahren mit der für Detektion von GOUF ausreichenden Ultraschallschwingungsfrequenz ausgestrahlt und empfangen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen dem Generator und dem Empfänger nach dem Verhältnis $3 \text{ mm} \leq d \leq 500 \text{ mm}$ ausgewählt ist, wobei d der Abstand zwischen den Prüfkörpern ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzsignal periodenweise gebildet wird, das die Oberflächenultraschallwelle vom Rayleigh-Typ darstellt, die sich direkt von dem Generator zu dem Empfänger über den kürzesten Weg dazwischen verbreitet, wobei der Entscheidungspegel wird nach dem aktuellen Amplitudenwert des genannten Referenzsignals eingestellt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Entscheidungspegel als die Differenz zwischen dem aktuellen Wert der Amplitude des Referenzsignals und dem Proportionalitätsfaktor zwischen den Amplituden des Referenzsignals und des Echosignals von GOUF vorgegeben wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzsignal als Testsignal gebraucht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass direkte oder rückwärtige oder Restrückultraschallstrahlung des Generators in demselben Takt sowie das Echosignal als Referenzsignal registriert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzsignal durch die Ausstrahlung oder den Empfang des Ultraschalls in der Rückrichtung im Takt gebildet wird, in dem das Echosignal von GOUF registriert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Generator-Empfänger-Paar auf der engeren Prüfungsobjektseite je nach der Konstruktionsausführung des Rollgangs nach den folgenden Verhältnissen $5^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ positioniert wird, wo α der Winkel zwischen der Achse, auf der das Generator-Empfänger-Paar liegt, und der Prüfungsobjektkante; $25 \text{ mm} < S < 500 \text{ mm}$ ist, wo S der Abstand zwischen der Prüfungsobjektkante und dem Zentrum des nächstliegenden Prüfkopfes der Generator-Empfänger-Achse ist, um die Kante und die Kantenzone des Prüfungsobjektes auf das Vorhandensein der Fehler hauptsächlich von der Querorientation zur Prüfungsobjektkante zu prüfen.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Generator-Empfänger-Paar nach dem Verhältnis $\alpha = 90^\circ$, wo α der Winkel zwischen der Achse, auf der das Generator-Empfänger-Paar liegt, und der Prüfungsobjektkante ist, um die Prüfungsobjektkante auf das Vorhandensein von GOUF mit der Längsorientation zu prüfen.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Generator-Empfänger-Paar nach dem Verhältnis $\alpha = 0^\circ$, wo α der Winkel zwischen der Achse, auf der das Generator-Empfänger-Paar liegt, und der Prüfungsobjektkante ist, um die Prüfungsobjektkante auf das Vorhandensein von GOUF mit der Querorientation zu prüfen.
11. Ultraschallprüfungsgerät für die Prüfung eines Prüfungsobjektes auf das Vorhandensein von gefährlichen oberflächlichen und unteroberflächlichen

Fehlern (GOUF), enthaltend wenigstens ein Paar von elektromagnetisch-akustischen Prüfköpfen, eine Funktionseinheit für die Ultraschallprüfung mit dem Echo-Impuls-Verfahren mit der für Detektion von GOUF in den Prüfungsobjekten ausreichenden Ultraschallschwingungsfrequenz, eine Funktionseinheit für die Referenzsignalbildung, ein technisches Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfköpfe als Generator und als Empfänger für Ultraschallwellen vom Rayleigh-Typ ausgebildet sind, und mit dem technischen Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten durch die genannten Funktionseinheiten verbunden sind, wobei die Prüfköpfe nach der getrennten Prüfschaltung funktionieren.

12. Ultraschallprüfungsgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionseinheit zur Referenzsignalbildung und das technische Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten sind so konstruiert, dass sie es ermöglichen, das Referenzsignal in demselben Takt, in dem das Echosignal von GOUF registriert wird, zu bilden, wobei der Generator oder der Empfänger ein aktives Element aufweisen.
13. Ultraschallprüfungsgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionseinheit zur Referenzsignalbildung und das technische Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten sind so konstruiert, dass sie es ermöglichen, das Referenzsignal im Takt, der zusätzlich zu dem Takt, in dem das Echosignal von GOUF registriert wird, zu bilden, wobei der Generator oder der Empfänger zwei aktive Elemente aufweisen.
14. Ultraschallprüfungsgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das technische Mittel zur Steuerung und Verarbeitung der Messdaten sind so konstruiert, dass es ermöglicht, den Entscheidungspegel als Differenz zwischen dem aktuellen Wert der Amplitude des Referenzsignals und dem Proportionalitätsfaktor zwischen den Amplituden des Referenzsignals und des Echosignals von GOUF vorzugeben.

15. Ultraschallprüfungsgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass jeder von den Prüfköpfen einen elektromagnetisch-akustischen Prüfkopf darstellt.
16. Ultraschallprüfungsgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den Prüfköpfen nach dem Verhältnis $30 \leq d \leq 500$ mm ausgewählt, wo d der Abstand zwischen den Prüfköpfen ist.

Innsbruck, am 12. Juli 2018

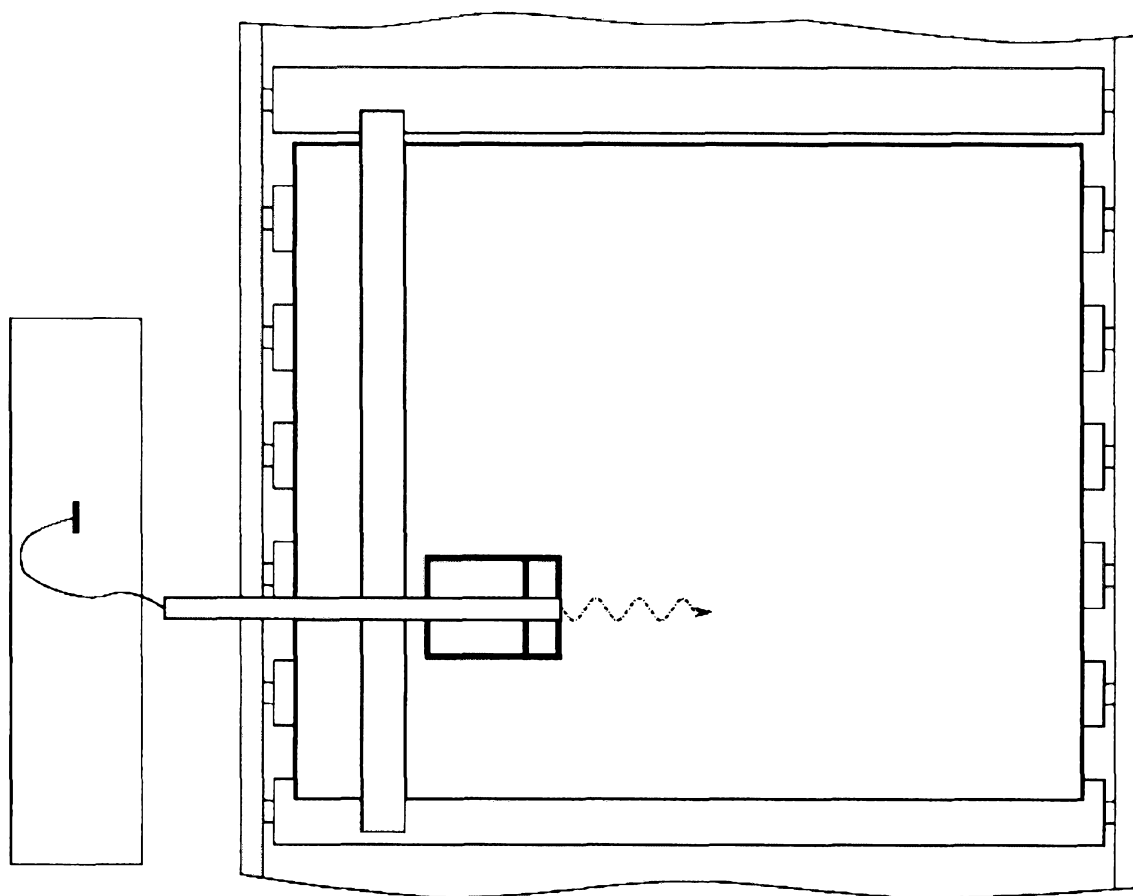
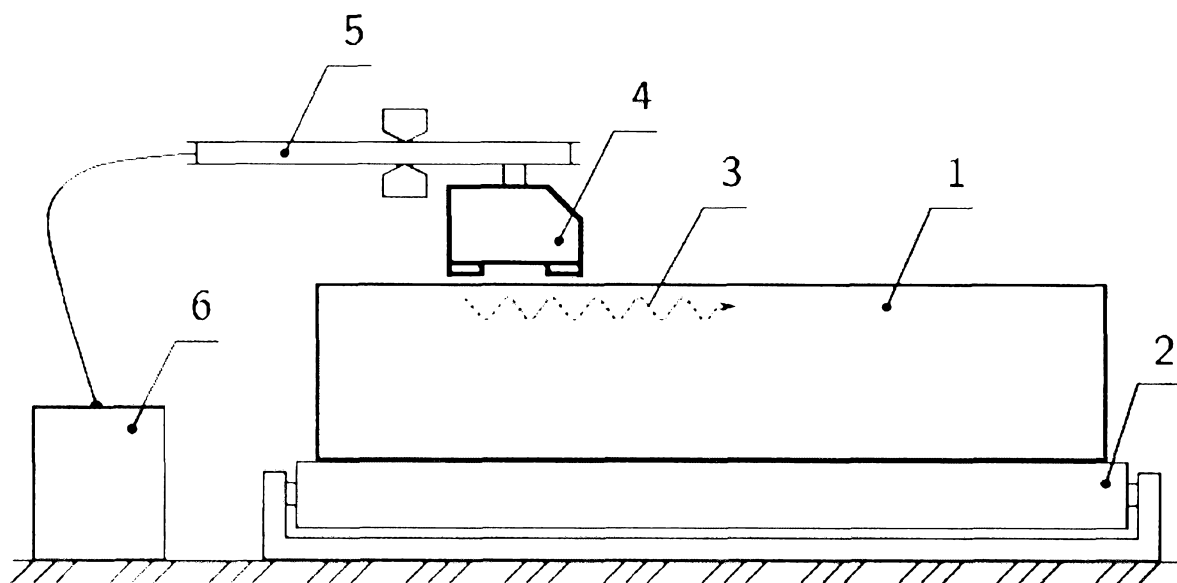


FIG. 1

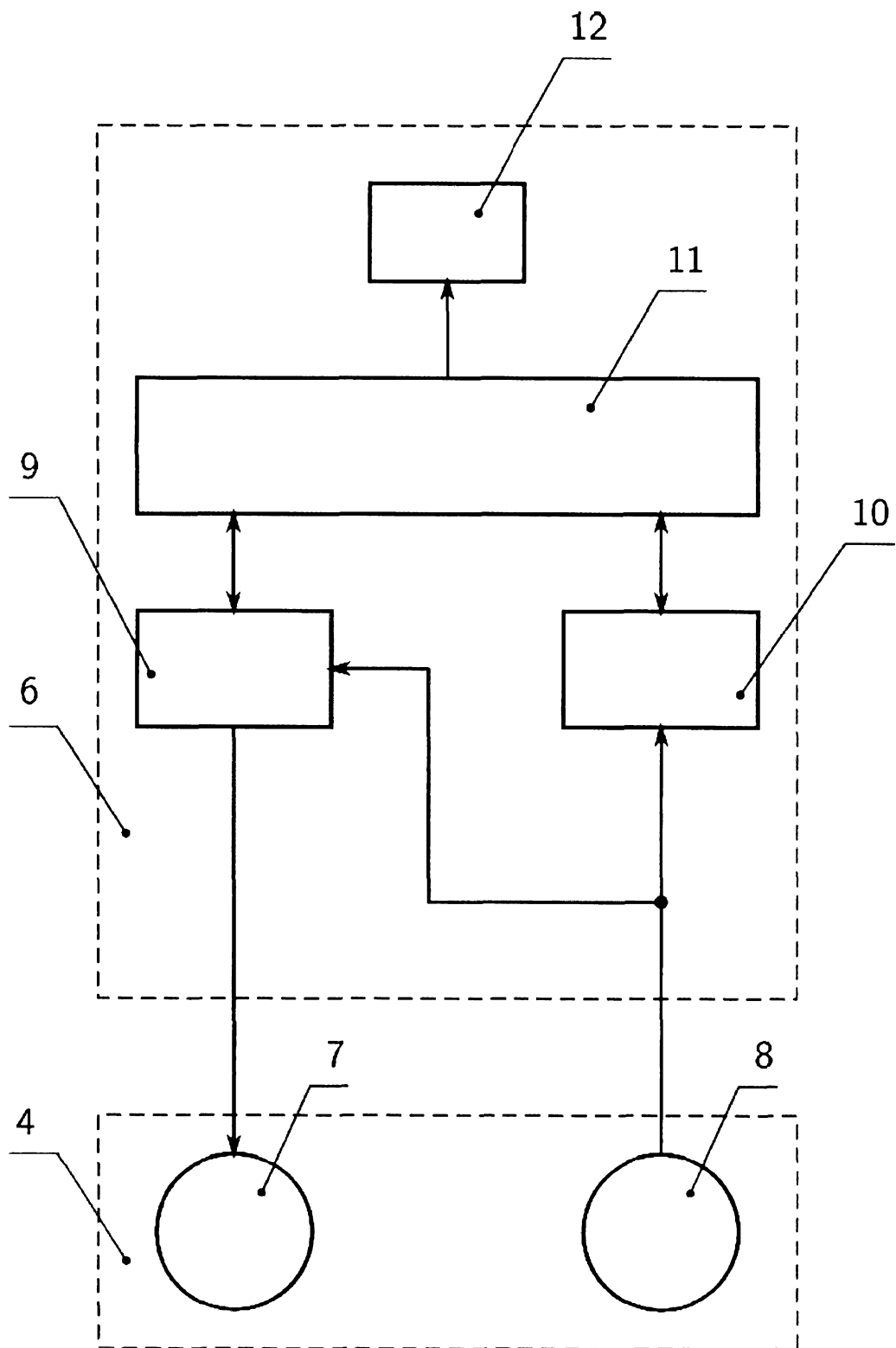


FIG. 2

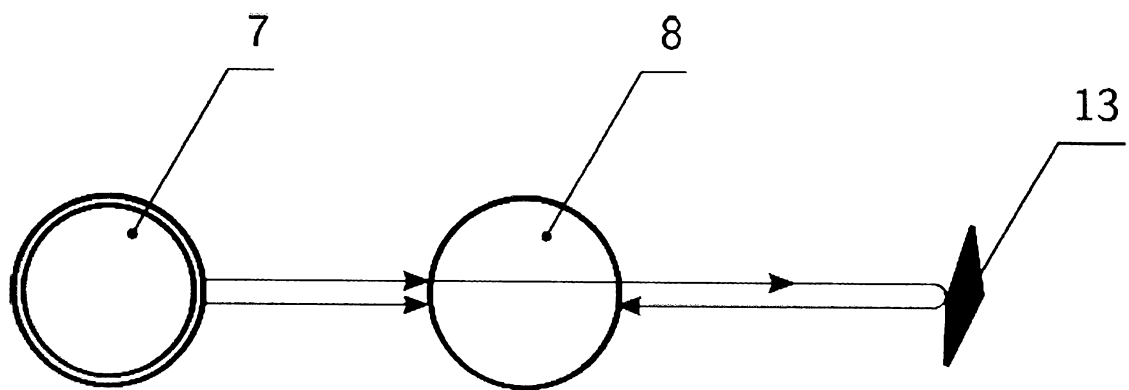


FIG. 3

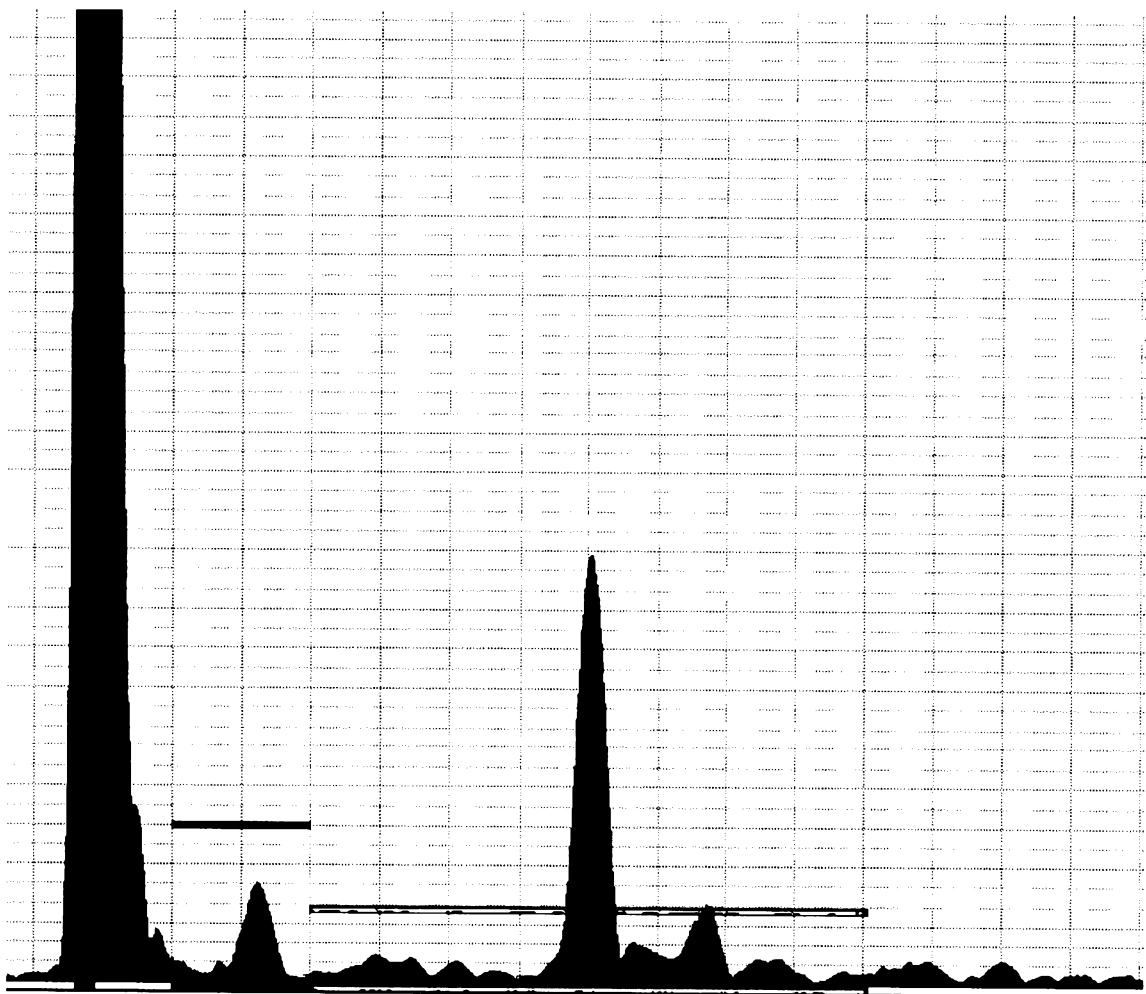


FIG. 4

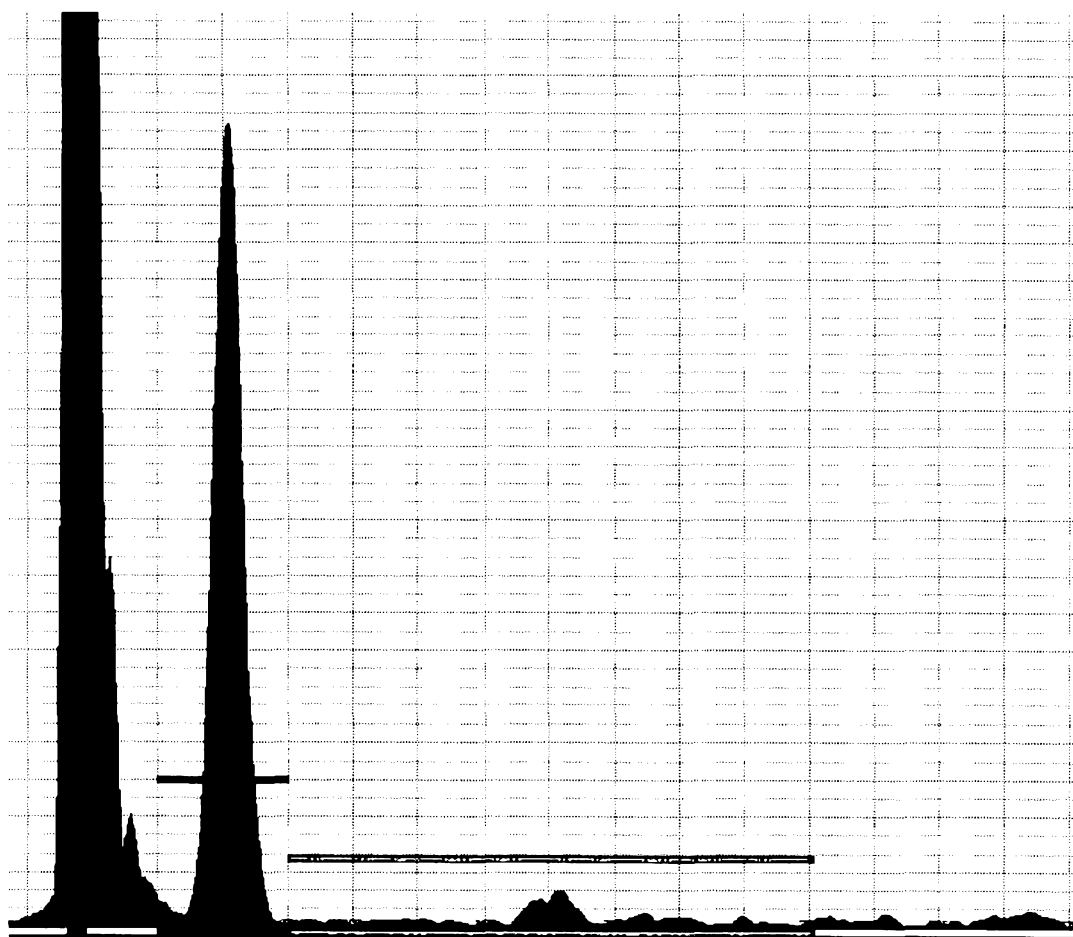


FIG. 5

003709

5/22

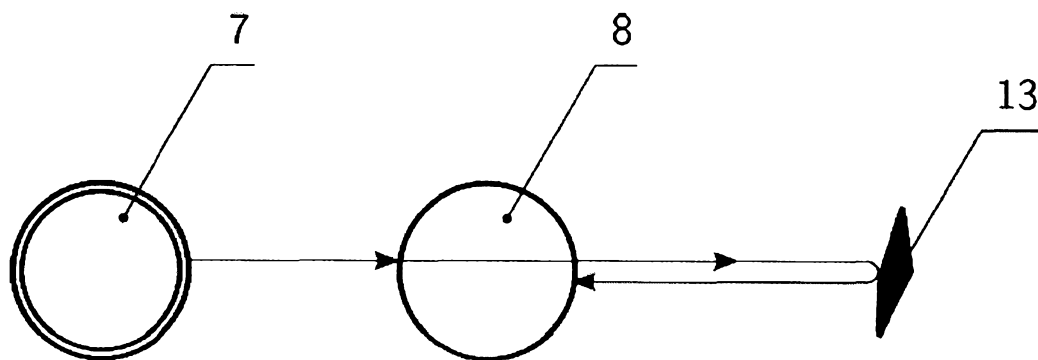


FIG. 6

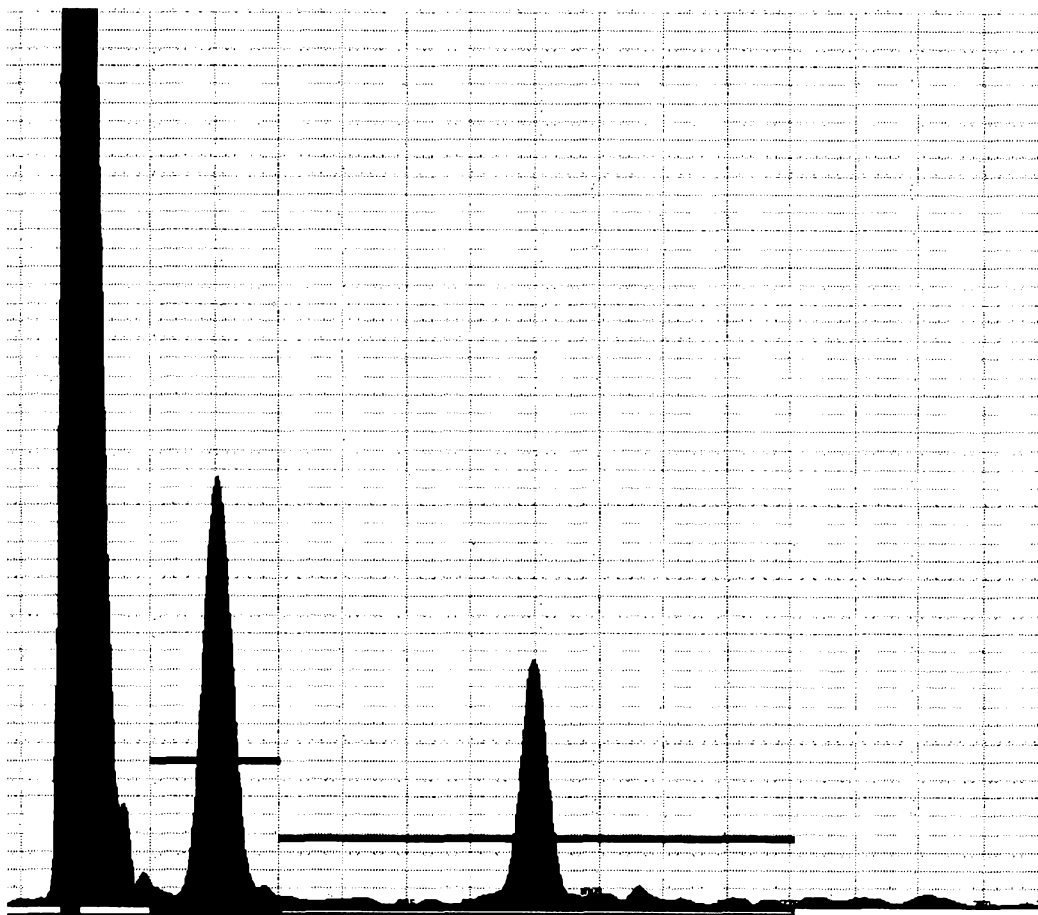


FIG. 7

003709

6/22

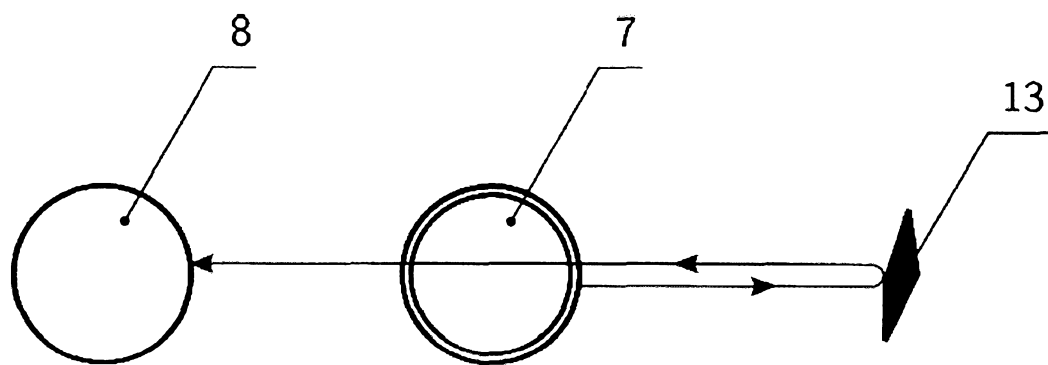


FIG. 8

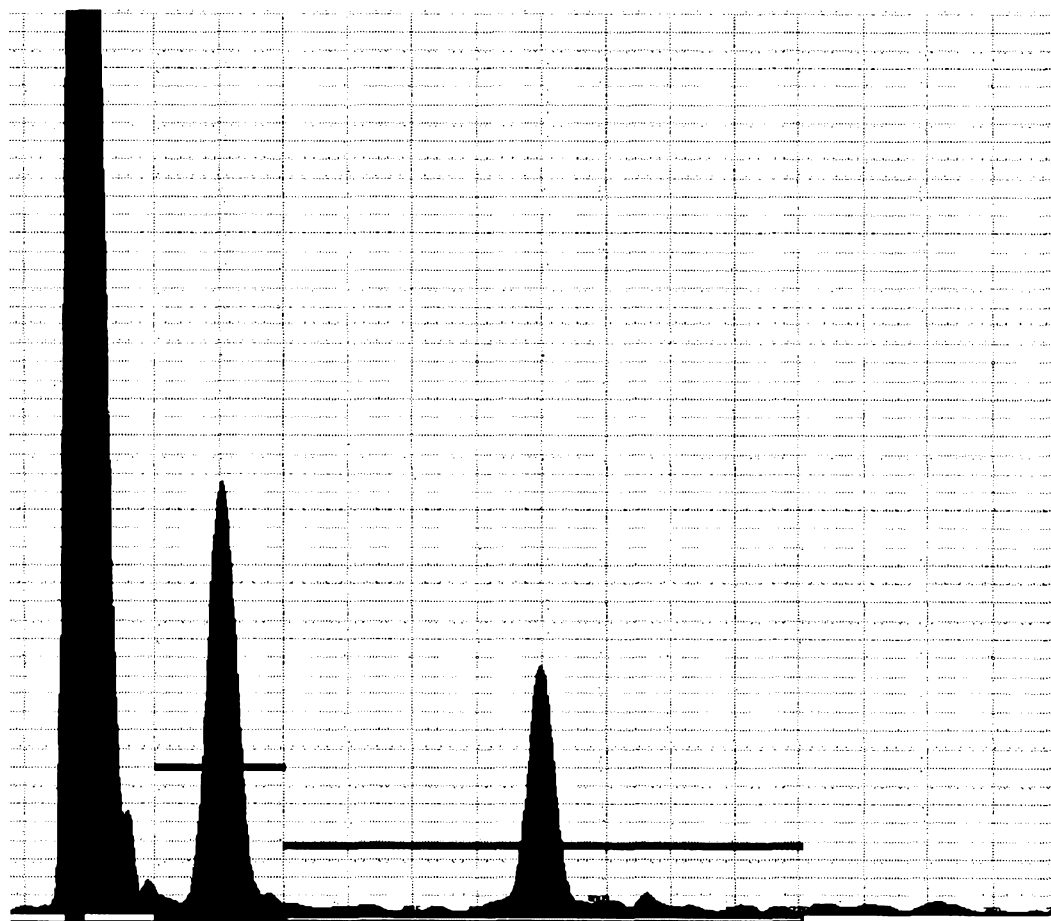


FIG. 9

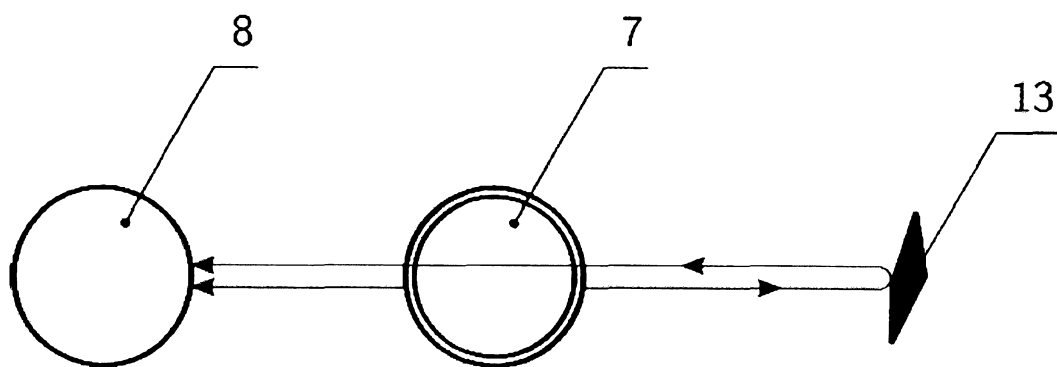


FIG.10

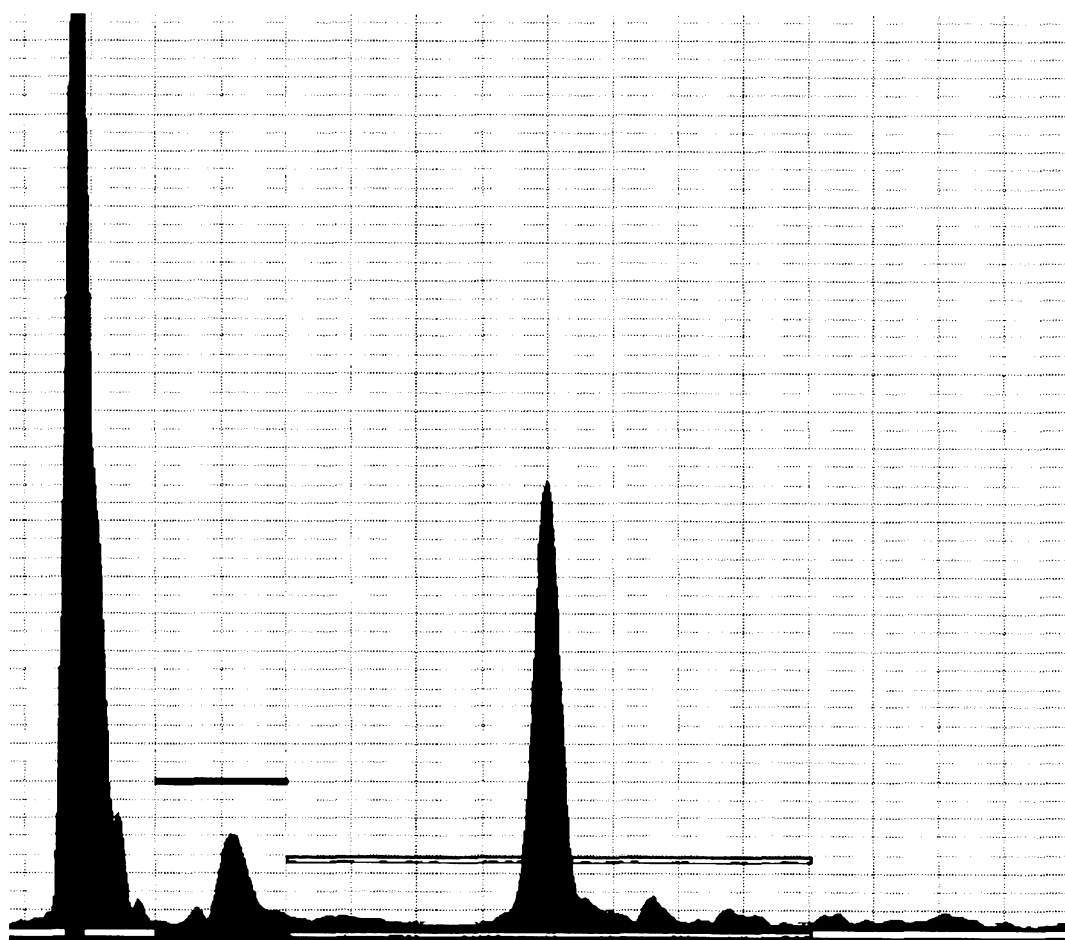


FIG. 11

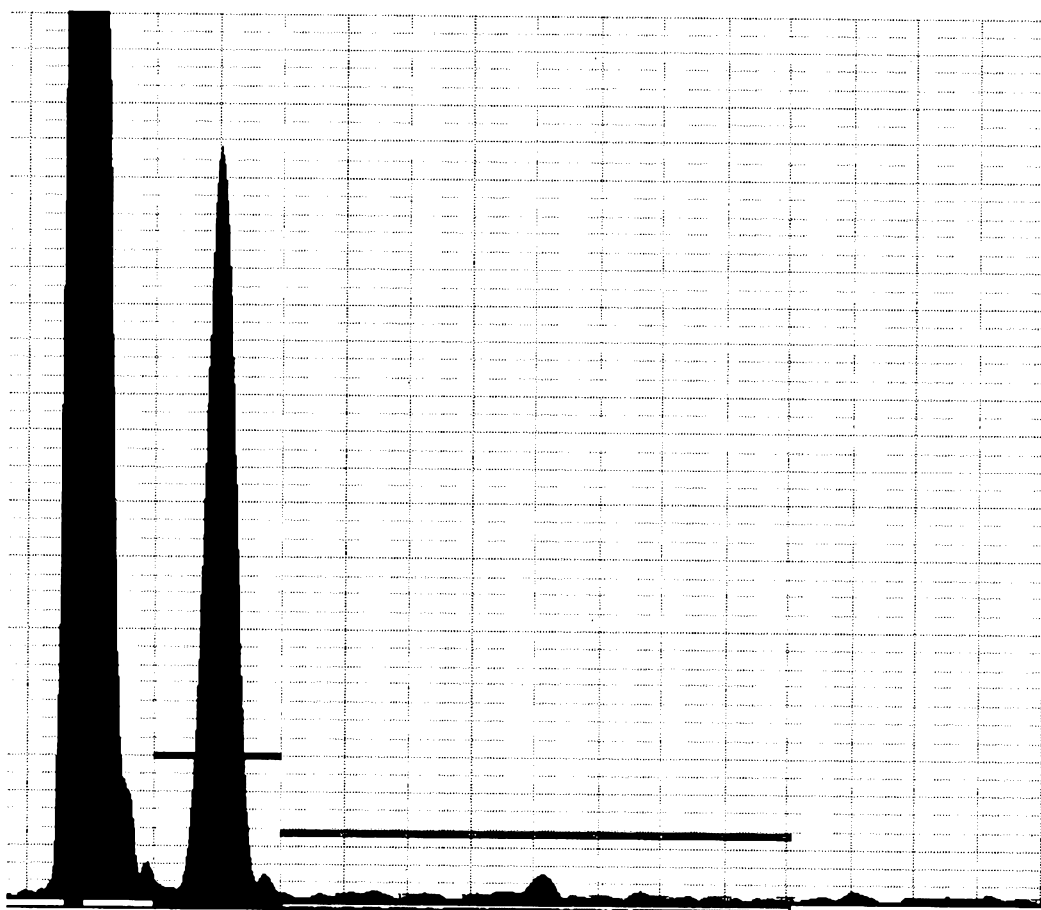


FIG. 12

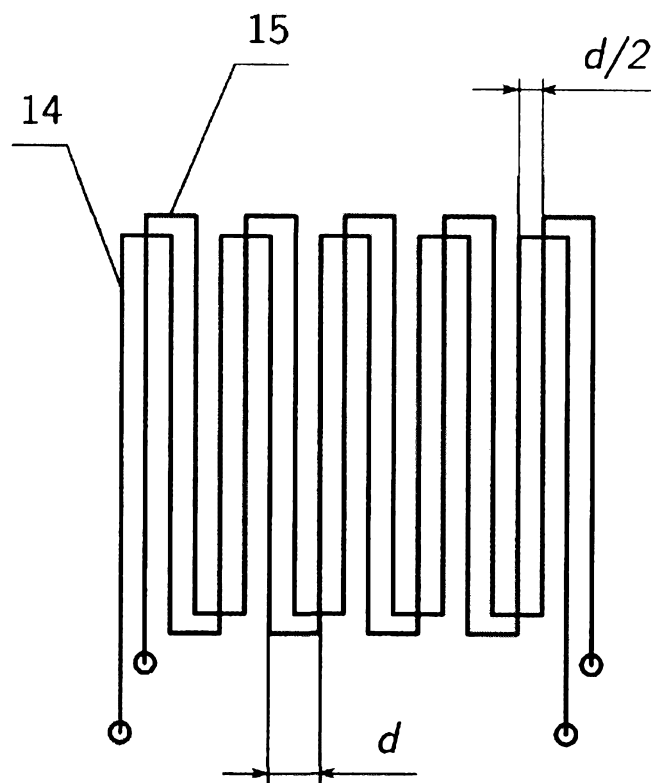


FIG. 13

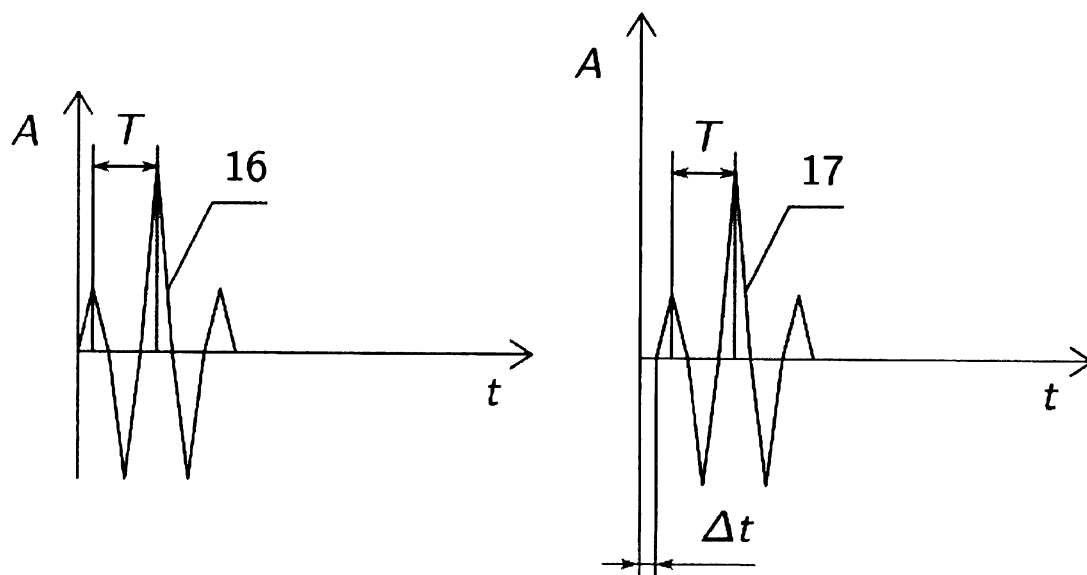


FIG. 14

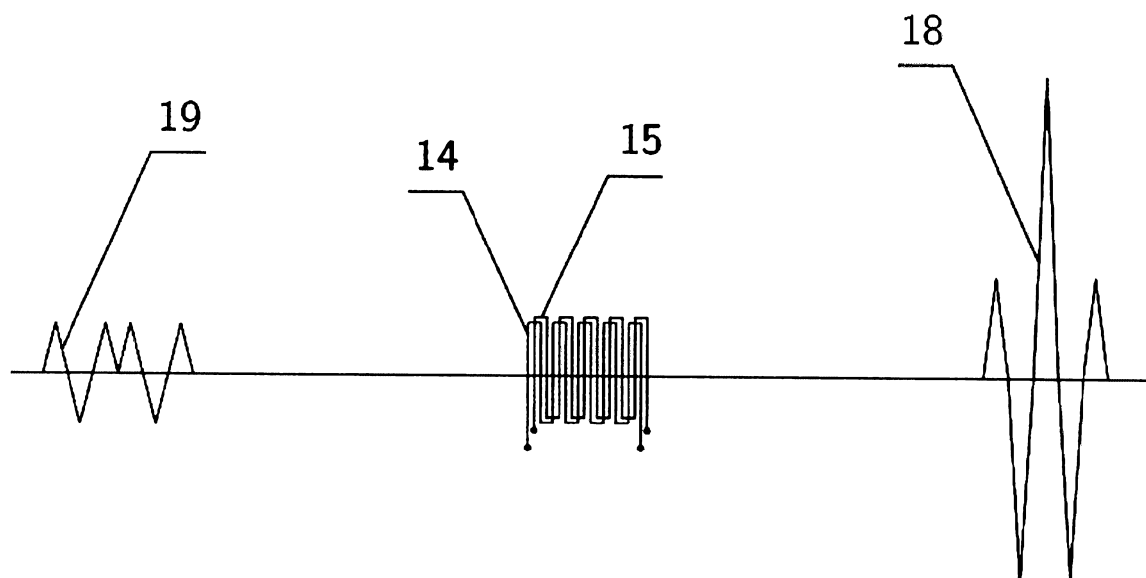


FIG. 15

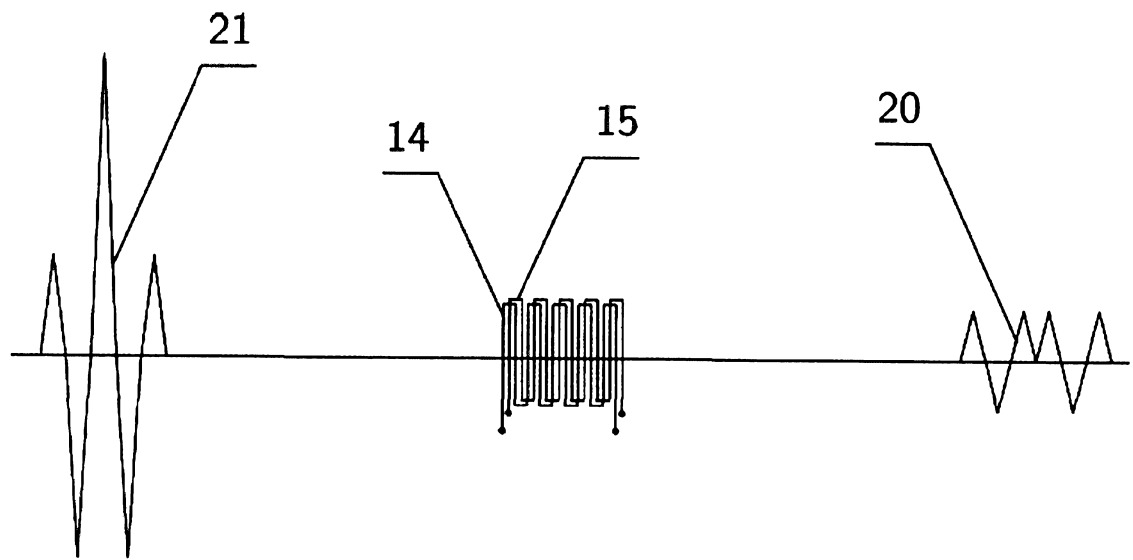


FIG. 16

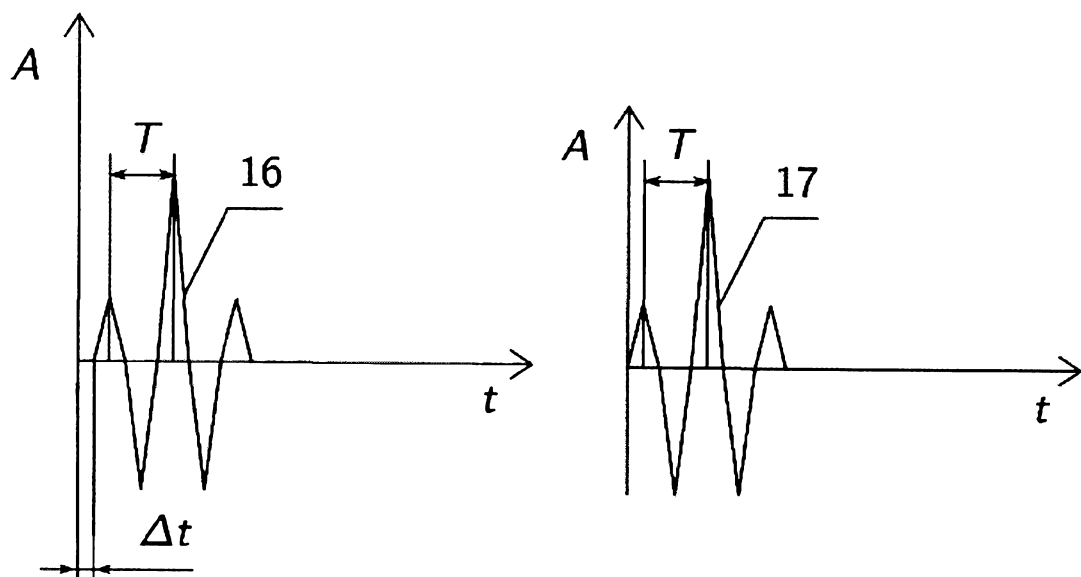


FIG. 17

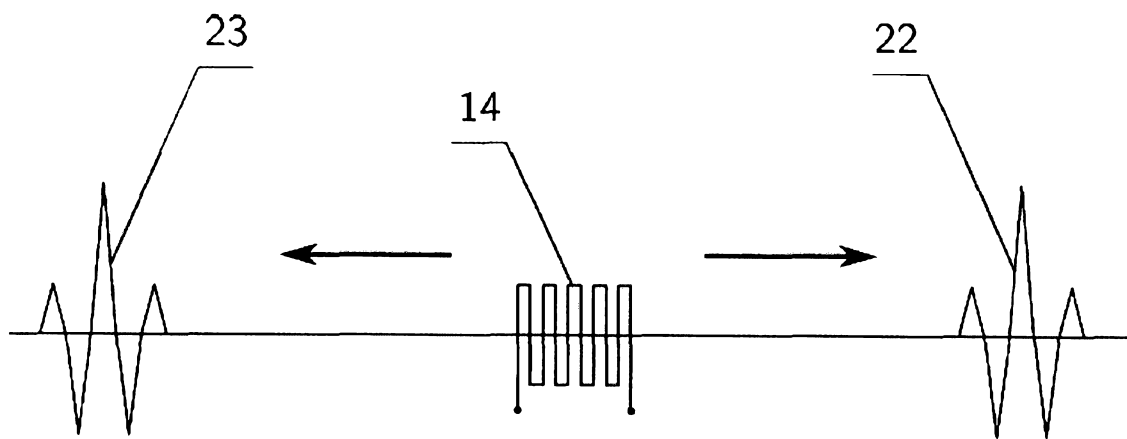


FIG. 18

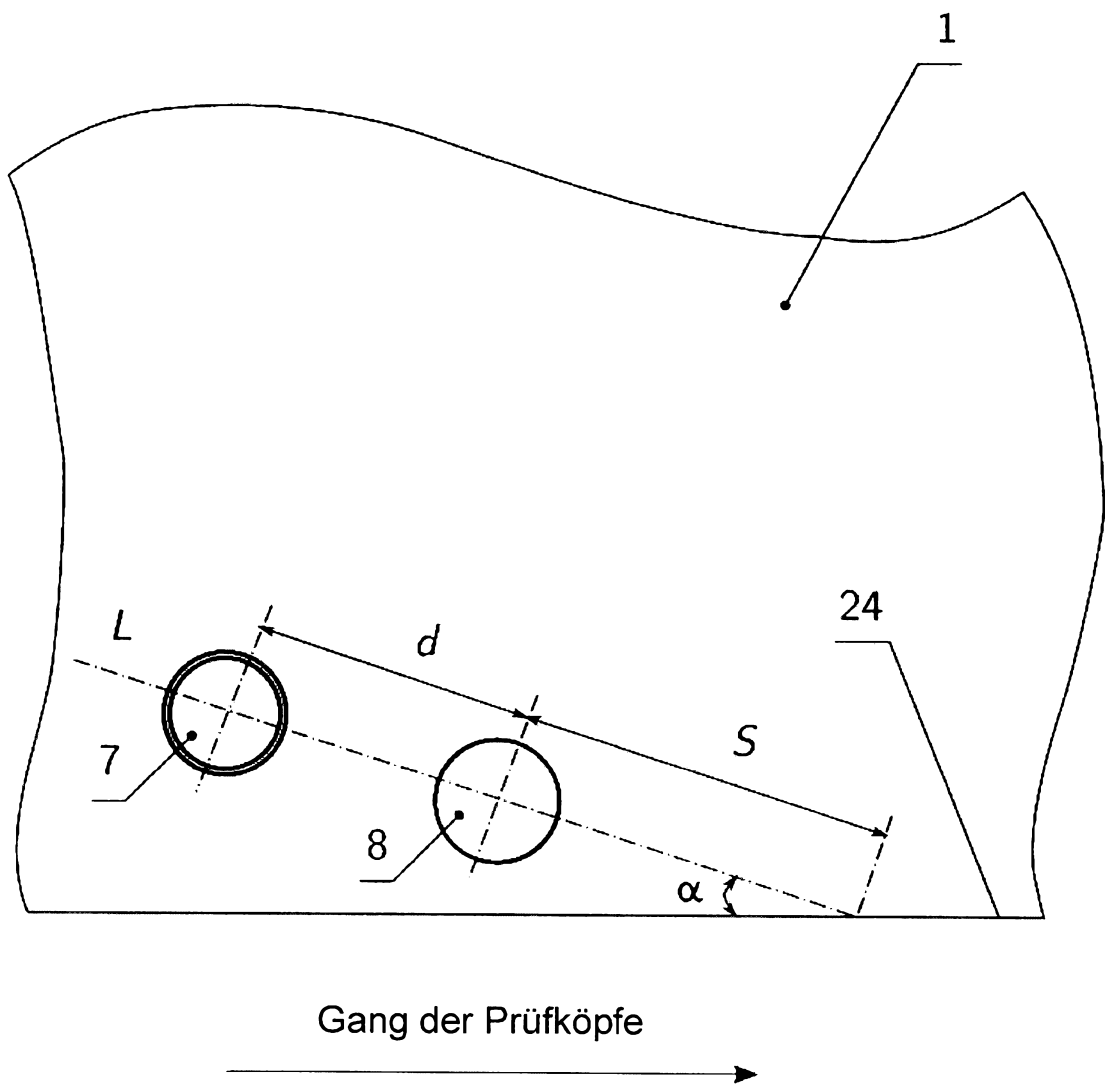


FIG. 19

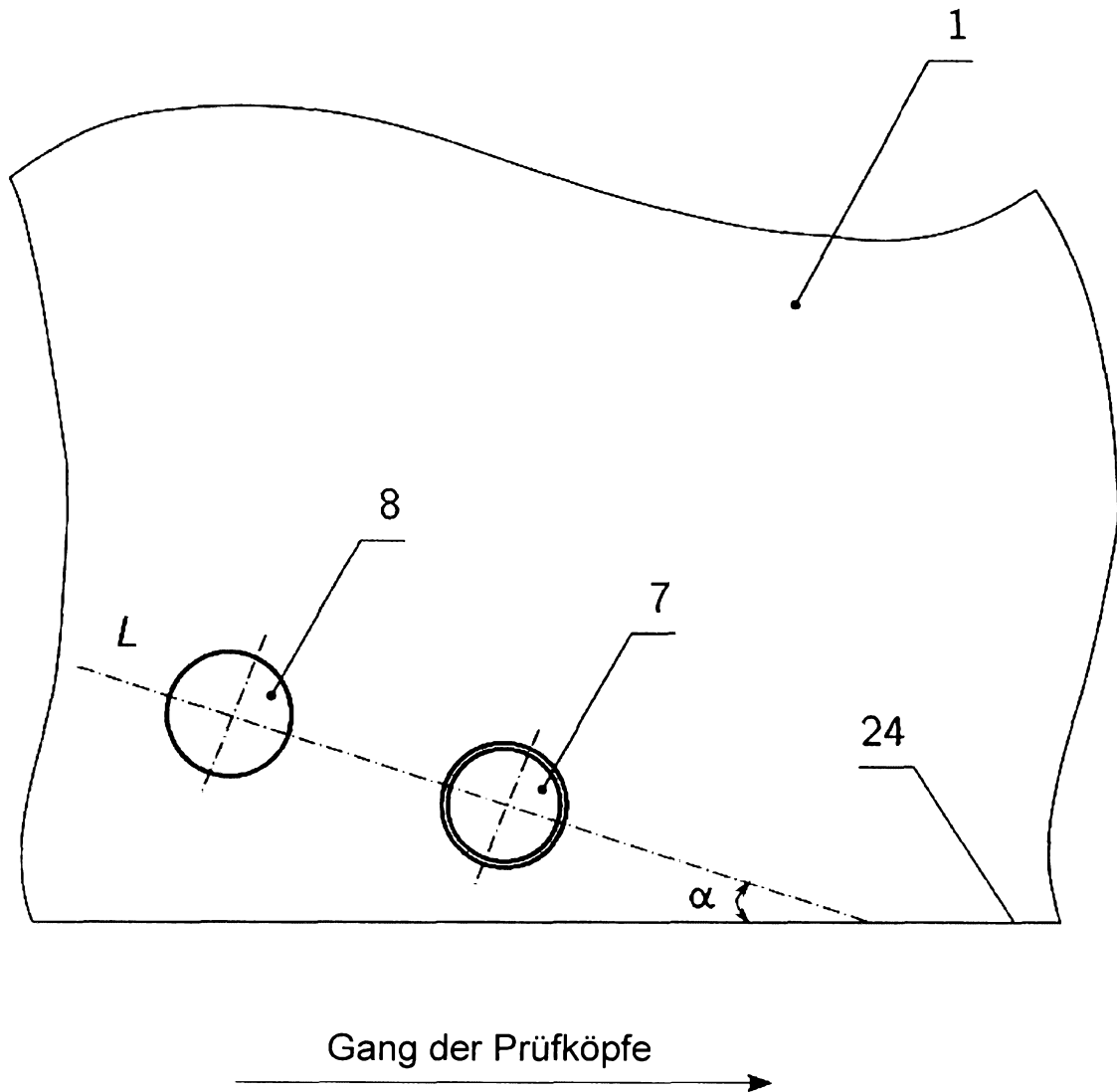


FIG. 20

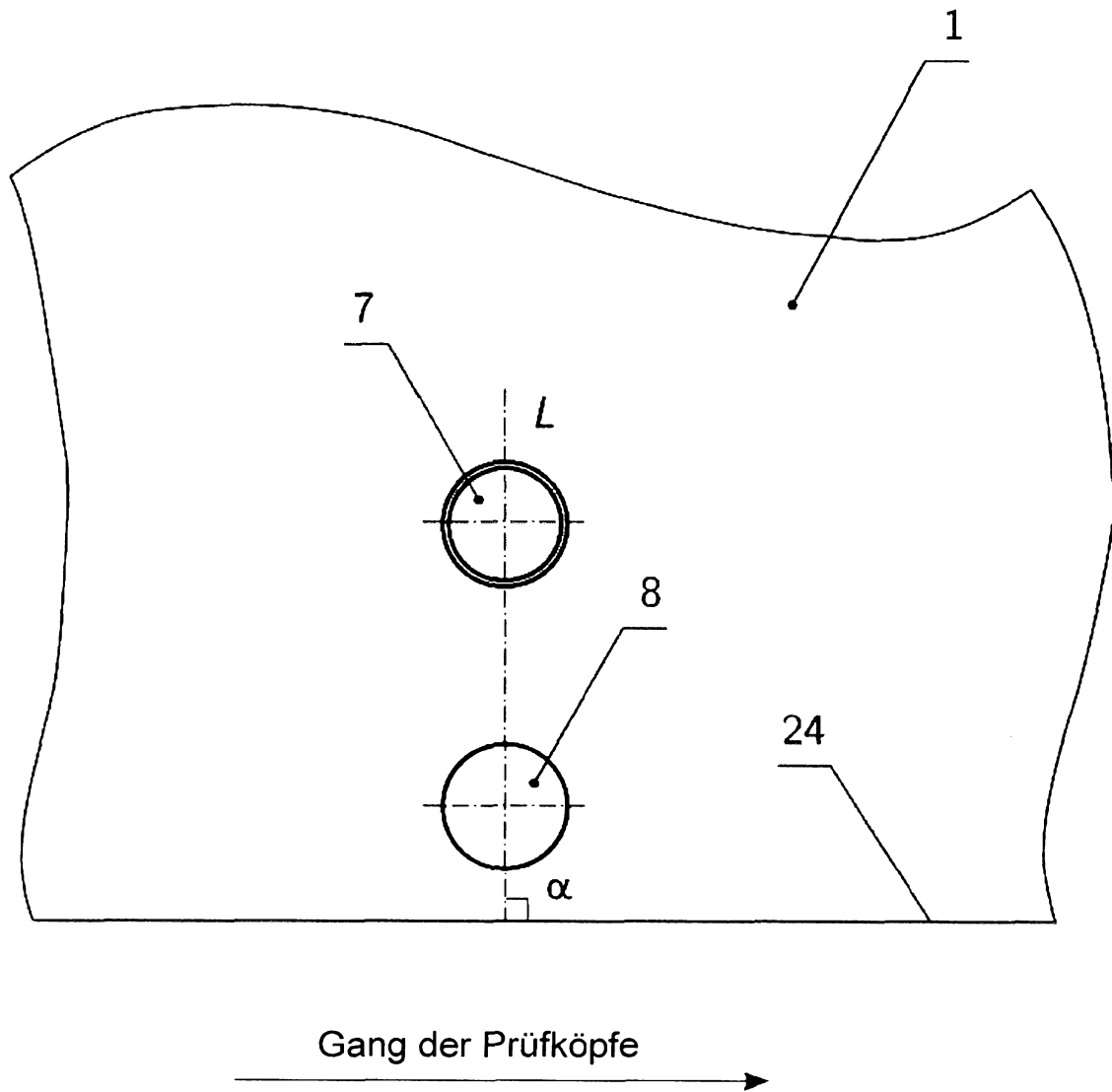


FIG. 21

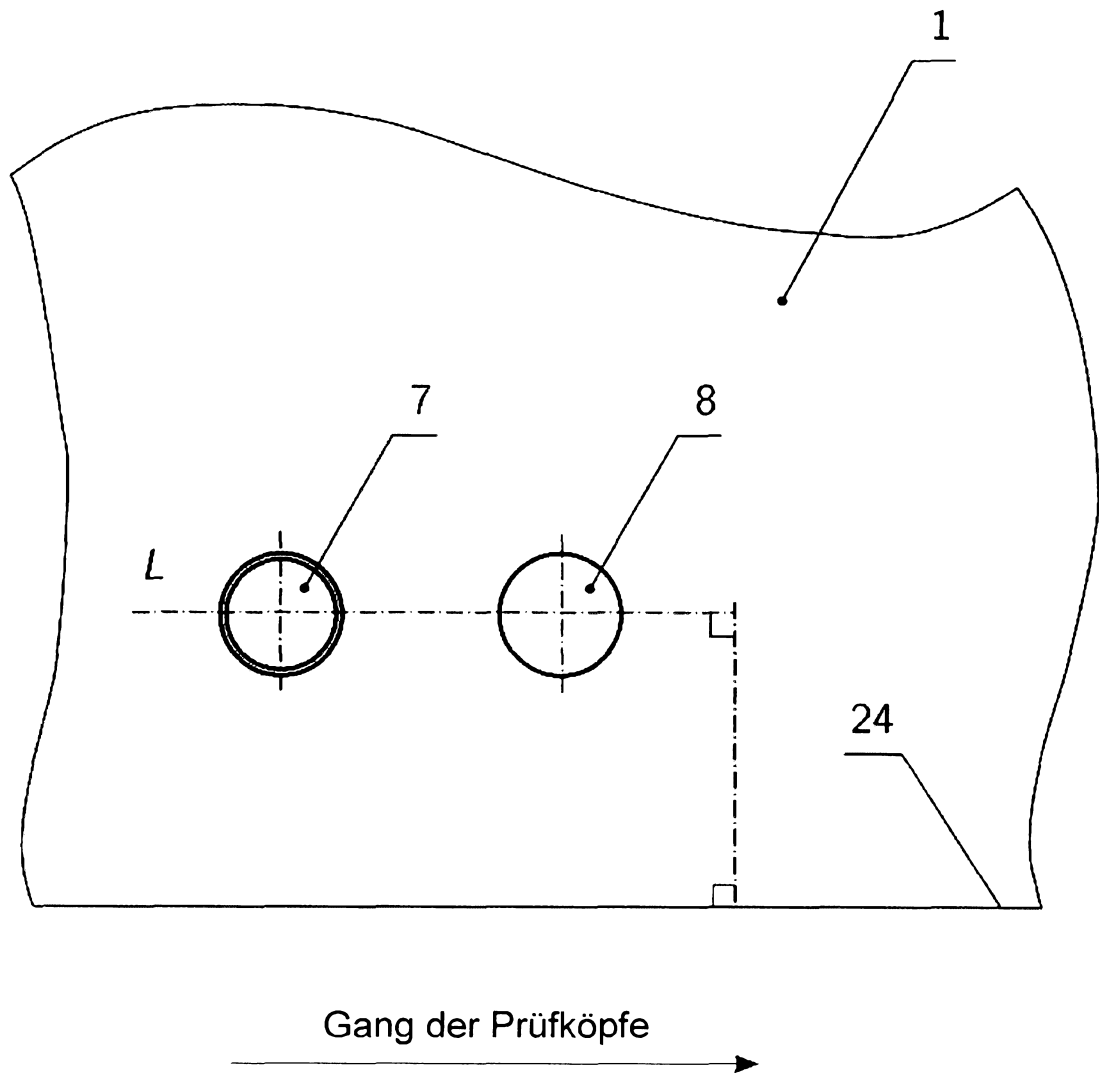


FIG. 22

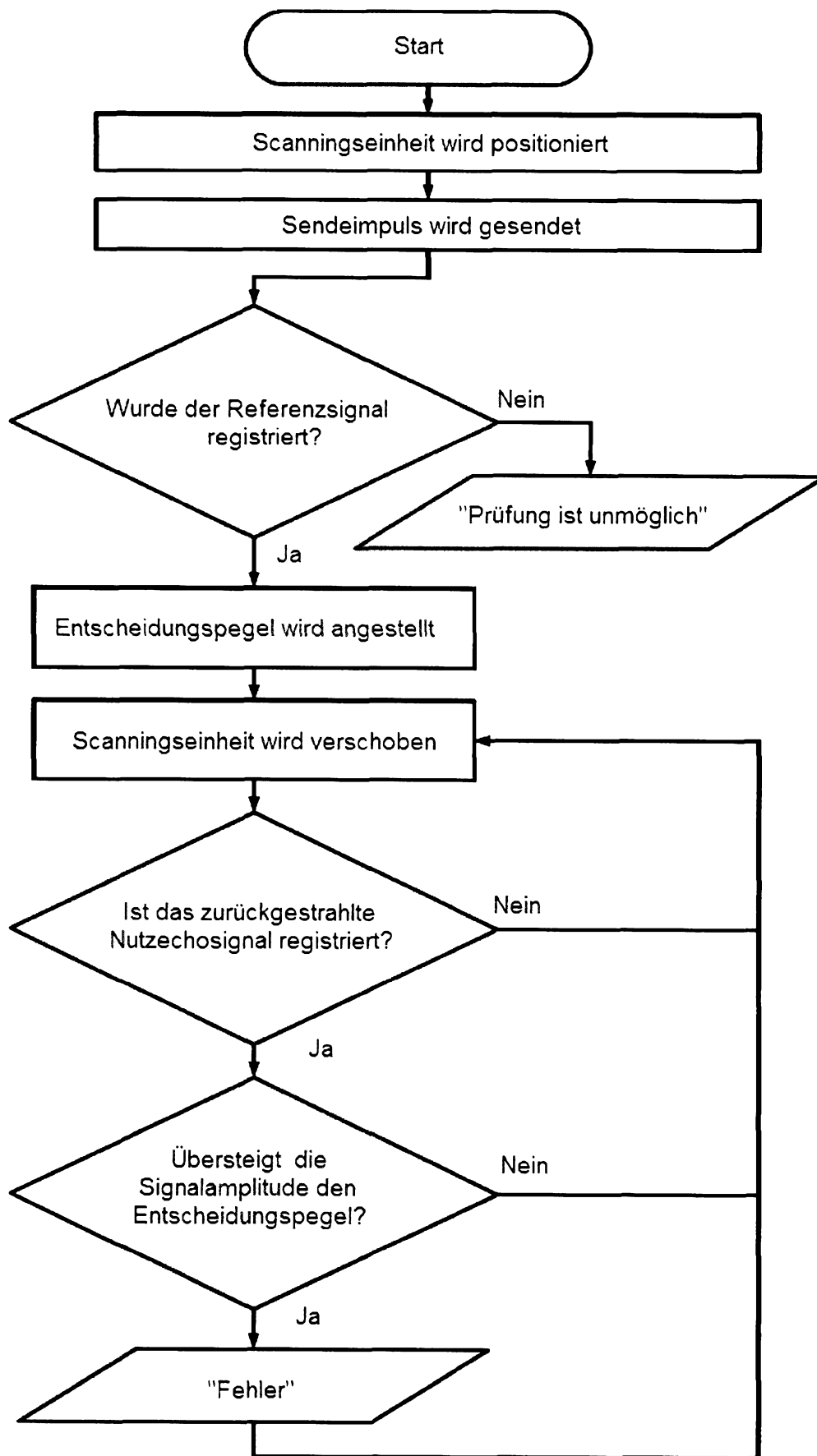
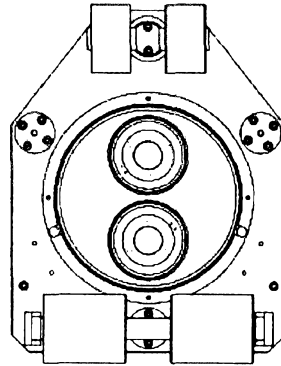


FIG. 23



Ansicht A

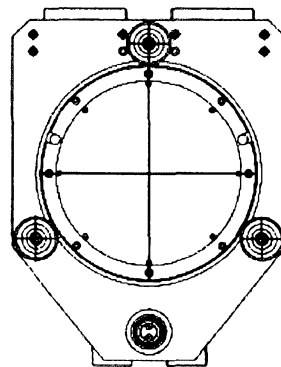
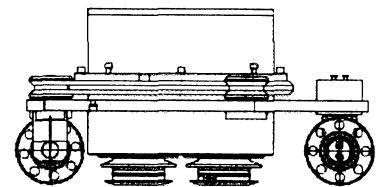
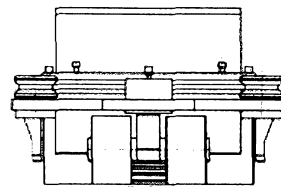
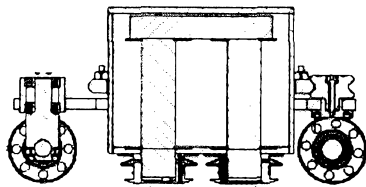


FIG. 24

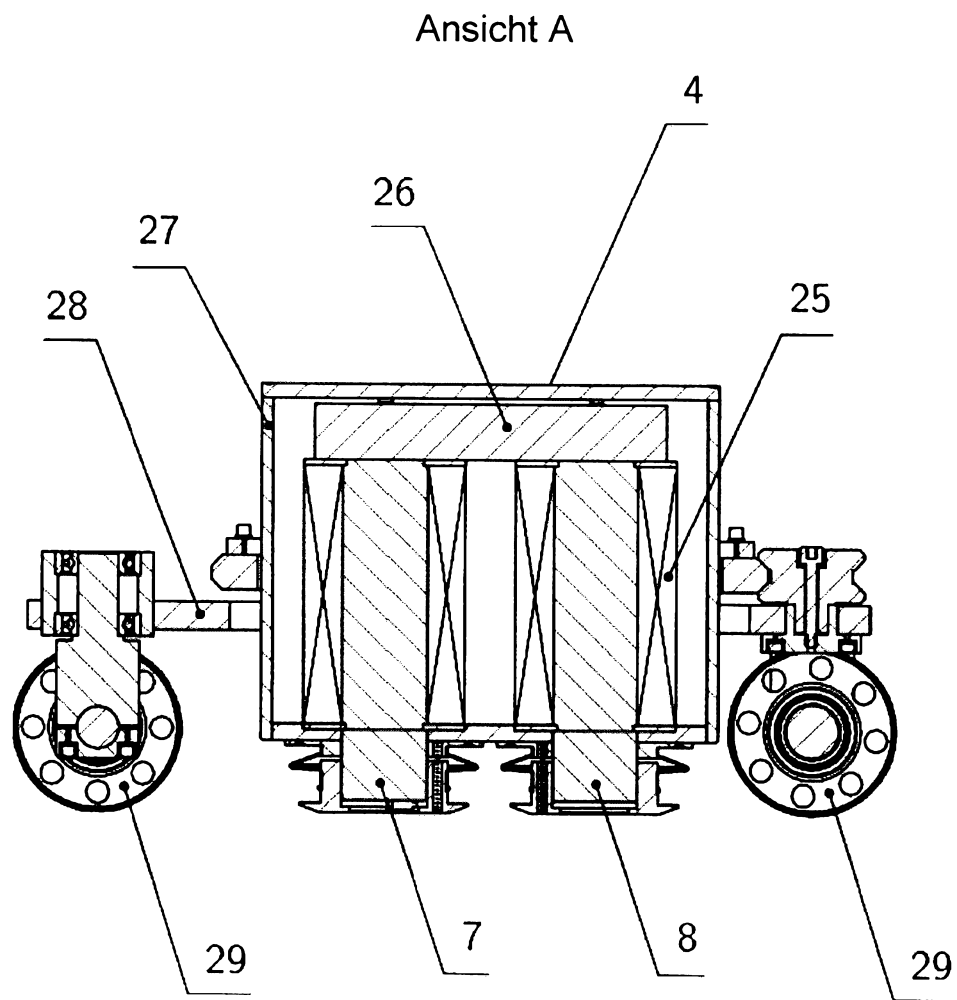


FIG. 25

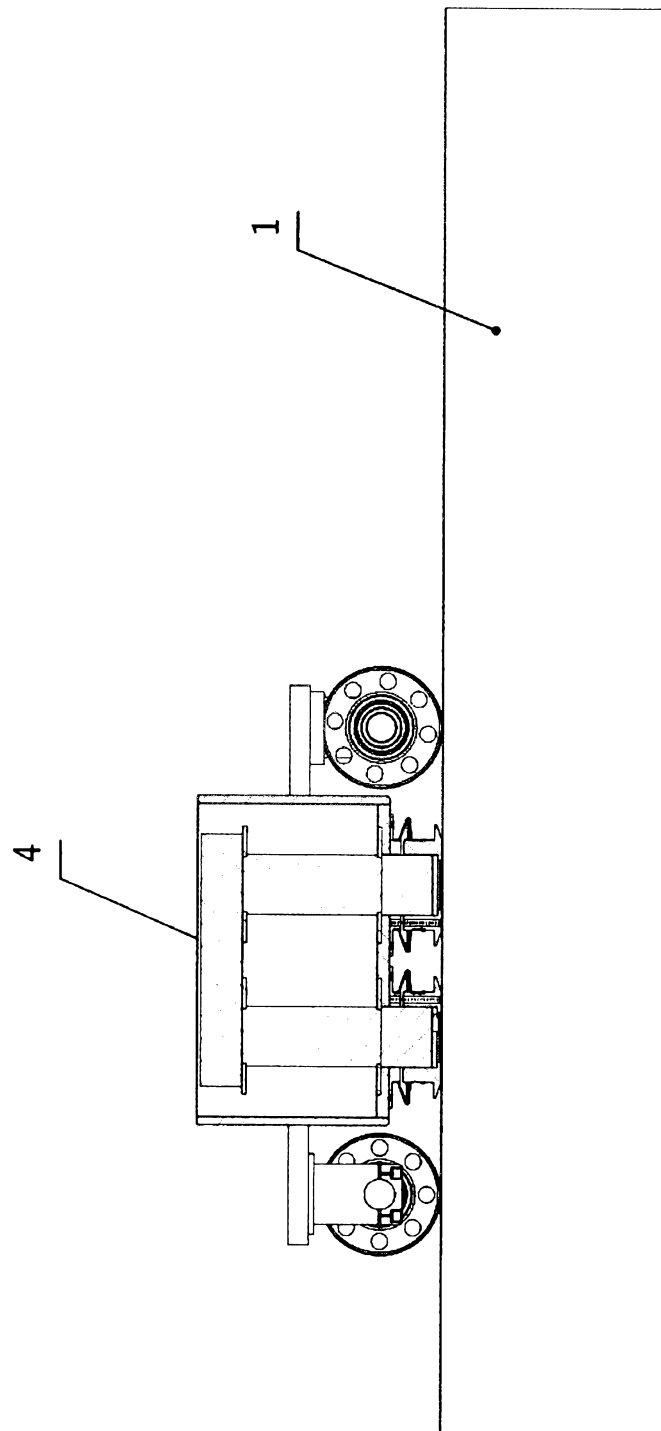


FIG. 26

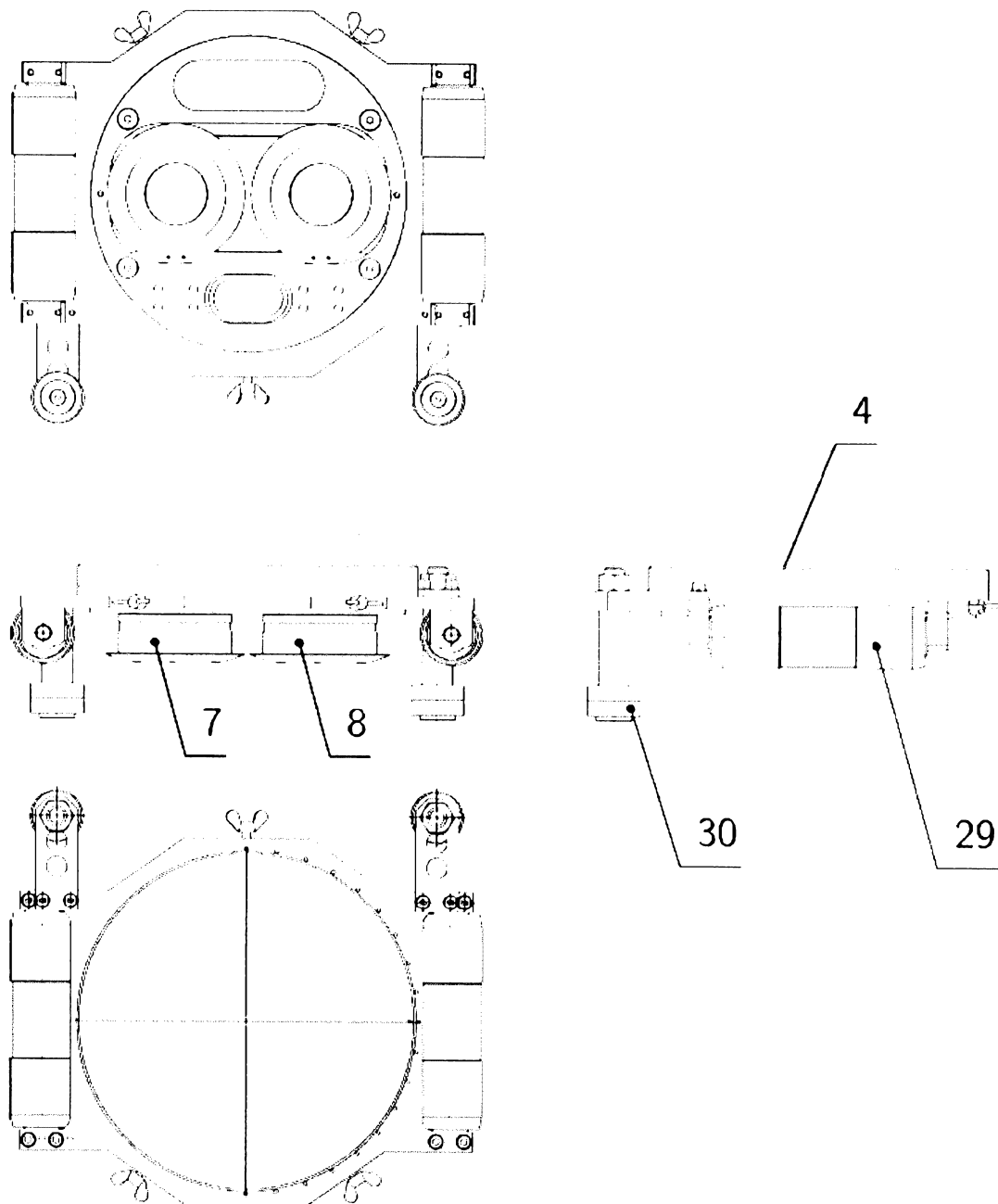


FIG. 27

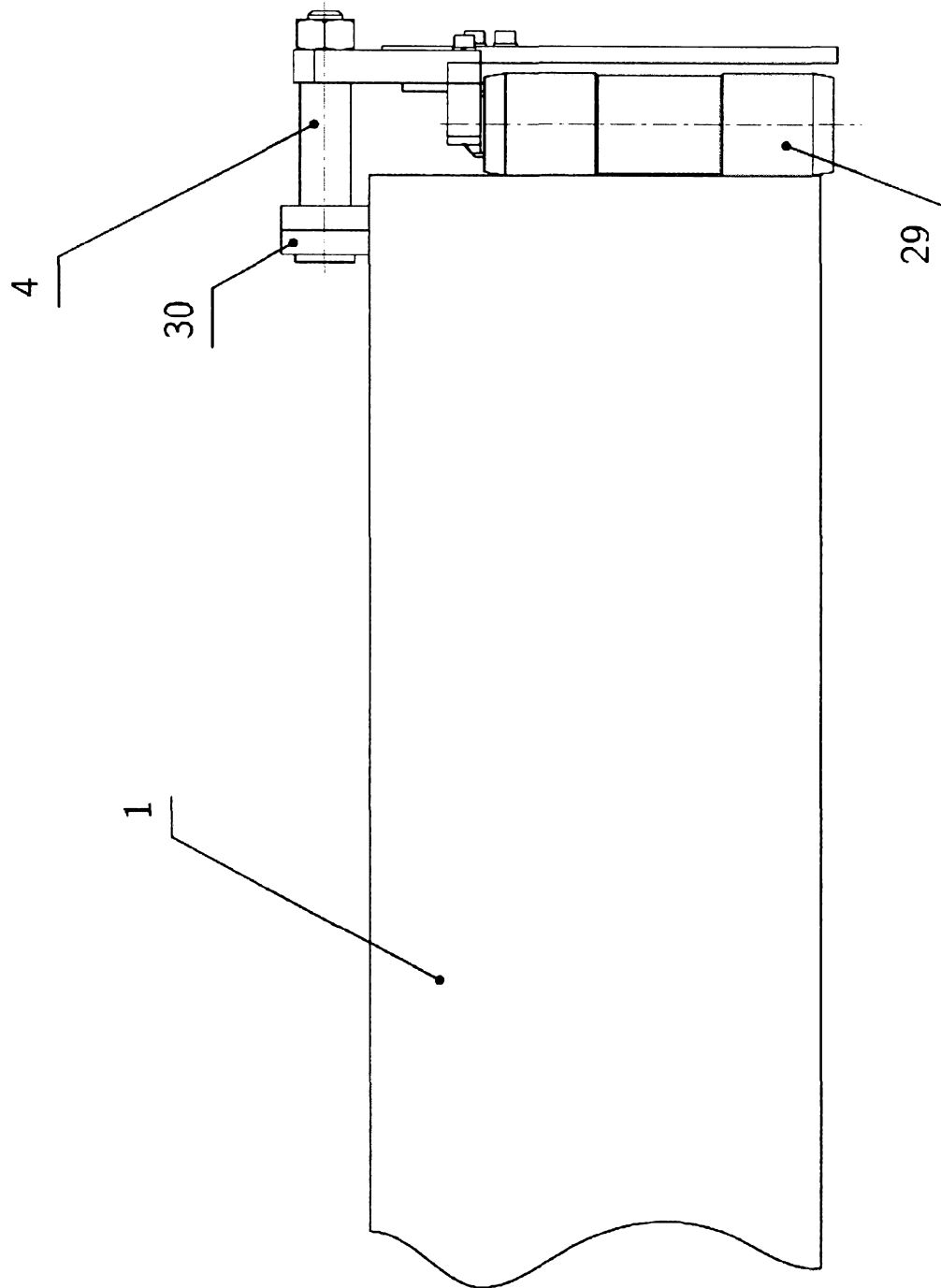


FIG. 28