



Korrigiert gemäß § 23 Absatz 2 der Anordnung
über die Verfahren vor dem Patentamt
beim Rechtsschutz für Erfindungen
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

4(51) G 01 N 23/20

DEUTSCHES PATENTAMT

(21) DD G 01 N / 314 894 4

(22) 20.04.88

(44) 24.10.90

(44) 09.08.89

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, Institut für Mechanik, PSF 408, Karl-Marx-Stadt, 9010, DD; Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Institut für Maschinenwesen, Moskau, SU

(72) Kämpfe, Bernd, Dr. sc. techn., DD; Körtel, Günther, Dr.-Ing., DD; Michel, Bernd, Prof. Dr. sc. techn., DD; Semjonow, Alexej, Dipl.-Ing., SU; Efanow, Valeri, Dr.-Ing., SU; Tränkner, Karsten, Dipl.-Ing., DD

(54) Mobiles Gerät zur röntgenographischen Bestimmung von Spannungszuständen

(55) mobiles Gerät; röntgenographische Spannungsmessung; Probenkörper; Großbauteile; Röntgenstrahlquelle; Detektor; Kreisführung; Ring; kreisförmiger Arm; Kippachse; Kippwinkel

(57) Die Erfindung betrifft ein mobiles Gerät zur röntgenographischen Bestimmung von Spannungszuständen, wobei verfahrensgemäß ein stufenweise eine vollständige Umdrehung ausführender Probenkörper durch einen Primärstrahl einer Röntgenstrahlquelle unter einem konstanten Kippwinkel bestrahlt und der abgebeugte Sekundärstrahl von einem Strahlenempfänger unter Registrierung des Reflexionswinkels aufgefangen wird. Die Erfindung ist insbesondere anwendbar bei der Erfassung von dreidimensionalen Last- und/oder Eigenspannungen an Großbauteilen ohne deren Beschädigung durch Probennahme. Gemäß der Erfindung ist auf einem kreisförmigen Arm ein an sich bekannter ortsempfindlicher Detektor verschieb- und feststellbar angeordnet und der kreisförmige Arm ist am Ring um eine Kippachse, welche tangential zur Probenkörper-Oberfläche durch den Durchdringungspunkt in einer auch Primär- und Sekundärstrahl enthaltenden Ebene verläuft, verschwenk- und feststellbar so gelagert, daß diese Lagerung bezüglich der Kippachse die Kippbewegung des kreisförmigen Armes nicht behindert.

Patentansprüche:

1. Mobiles Gerät zur röntgenographischen Bestimmung von Spannungszuständen, wobei verfahrensgemäß ein stufenweise eine vollständige Umdrehung ausführender Probenkörper durch einen Primärstrahl einer Röntgenstrahlquelle unter einem konstanten Kippwinkel bestrahlt und der abgelenkte Sekundärstrahl von einem Strahlenempfänger unter Registrierung des Reflexionswinkels aufgefangen wird, unter Verwendung einer am Probenkörper anbringbaren Kreisführung, welche einen verdrehbaren Ring aufnimmt, dem ein kreisförmiger Arm für die Führung der Röntgenstrahlquelle zugeordnet ist, wobei die Drehachse des Rings einer Oberflächennormalen des Probenkörpers entspricht, der Primärstrahl die Probenkörper-Oberfläche am Durchdringungspunkt der Drehachse berührt und die Achse des kreisförmigen Armes durch den Durchdringungspunkt verläuft, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem kreisförmigen Arm (6) als Strahlenempfänger ein an sich bekannter Detektor (11) mit ortsempfindlichem Verhalten verschieb- und feststellbar angeordnet ist und der kreisförmige Arm (6) am Ring (3) um eine Kippachse (7), welche tangential zur Probenkörper-Oberfläche durch den Durchdringungspunkt (5) in einer auch Primärstrahl (12) und Sekundärstrahl (13) enthaltenden Ebene verläuft, verschwenk- und feststellbar so gelagert ist, daß diese Lagerung bezüglich der Kippachse (7) die Kippbewegung des kreisförmigen Armes (6) nicht behindert.
2. Mobiles Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die verschwenk- und feststellbare Lagerung des kreisförmigen Armes (6) zwei diametral am Ring (3) angeordnete Lagerstellen enthält, welche jeweils aus einem Teil einer Kreisführung (15), deren Achse die Kippachse (7) ist, und einem zugeordnetem Gleitstück (16) besteht, wobei das Teil der Kreisführung (15) (bzw. das Gleitstück (16)) symmetrisch nahe der Bogenenden des kreisförmigen Armes (6) und das Gleitstück (16) (bzw. das Teil der Kreisführung (15)) am Ring (3) angeordnet sind.
3. Mobiles Gerät nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß je Lagerstelle der verschwenk- und feststellbaren Lagerung des kreisförmigen Armes (6) das jeweils dem Ring (3) zugeordnete Teil der Kreisführung (15) bzw. Gleitstück (16) relativ zum Ring (3) in Richtung einer Oberflächennormalen des Probenkörpers (1) verstell- und feststellbar ist.
4. Mobiles Gerät nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in das Innere der auf dem Probenkörper (1) anbringbaren Kreisführung (2) ein Adapterring einlegbar ist.
5. Mobiles Gerät nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kreisführung (2) auf der Oberfläche des Probenkörpers (1) vorzugsweise kraftschlüssig befestigbar ist.
6. Mobiles Gerät nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß seitlich an der Kreisführung (2) ein sich im wesentlichen in Richtung einer Oberflächennormalen des Probenkörpers (1) erstreckender Tragarm (17) befindet für die Aufnahme der für den Detektor (11) und/oder die Röntgenstrahlquelle (19) erforderlichen elektrischen bzw. Medienleitungen (18).

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein mobiles Gerät zur röntgenographischen Bestimmung von Spannungszuständen, wobei verfahrensgemäß ein stufenweise eine vollständige Umdrehung ausführender Probenkörper durch einen Primärstrahl einer Röntgenstrahlquelle unter einem konstanten Kippwinkel bestrahlt und der abgelenkte Sekundärstrahl von einem Strahlenempfänger unter Registrierung des Reflexionswinkels aufgefangen wird, unter Verwendung einer am Probenkörper anbringbaren Kreisführung, welche einen verdrehbaren Ring aufnimmt, dem ein kreisförmiger Arm für die Führung der Röntgenstrahlquelle zugeordnet ist, wobei die Drehachse des Rings einer Oberflächennormalen des Probenkörpers entspricht, der Primärstrahl die Probenkörper-Oberfläche am Durchdringungspunkt der Drehachse berührt und die Achse des kreisförmigen Armes durch den Durchdringungspunkt verläuft.

Die Erfindung ist vorteilhaft anwendbar bei der röntgenographischen Erfassung von vorzugsweise dreidimensionalen Last- und/oder Eigenspannungszuständen an bzw. in größeren Probenkörpern, insbesondere an Großbauteilen ohne deren Beschädigung durch Probennahme.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Zur zerstörungsfreien Erfassung von Eigenspannungen an Großbauteilen ist es bekannt, mobile Diffraktometer-Einrichtungen einzusetzen, (s. H. Christian und F. X. Elfinger „Mobile Diffraktometer-Einrichtungen“, HTM-Beiheft 1982, S. 28-34). Die beschriebenen Geräte besitzen einen kreisförmigen Arm für die Aufnahme von Röntgenstrahlquelle und Strahlenempfänger, wobei der kreisförmige Arm über eine stativartige Anordnung bzw. über eine Abstützung (einstellbar) fixiert ist. Entsprechend unsicher ist die genaue Lage des Auftreffpunktes des Primärstrahls der Röntgenstrahlquelle auf dem Probenkörper einstell- und

fixierbar. Die vollständige Umdrehung des Probenkörpers relativ zur von Primär- und Sekundärstrahl aufgespannten Ebene um die durch den Auftreffpunkt des Primärstrahls verlaufende Oberflächennormale zwecks Anwendung des nach DD-PS 228072 bekannten vorteilhaften Verfahrens zur Bestimmung der Lage der Hauptspannungsachsen eines räumlichen Spannungszustandes ist nicht möglich. Gleichfalls nicht möglich ist die Anwendung des vorteilhafteren und genaueren ψ -Verfahrens bei der Einstellung des Kippwinkels ψ (vgl. U. Wolfsteg, „ ψ -Goniometer“, HTM 31 [1976] 1/2, S. 19–21 und H. Neff, „Stationäre Diffraktometer-Einrichtungen“, HTM-Beibl. 1982, S. 19–25), abgesehen von dem Gerät nach Bild 7 (in H. Christian ..., a. a. O.), bei dem im Stativ ein entsprechendes Gelenk vorgesehen ist, was jedoch bei großen Probenkörpern bzw. Großbauteilen infolge des Verlaufes der Kippachse in der bzw. tangential zur Probenoberfläche nicht einsetzbar ist. Es ist weiterhin gemäß DD-PS 150252 eine Vorrichtung zur röntgenographischen Untersuchung von Kristallbereichen sowie Körpern polykristalliner Struktur durch Abbildung der Kesselkegel im Rückstrahlbereich bekannt. Diese Vorrichtung besteht aus einer Kreisführung, die auf dem Probenkörper abgesetzt ist und in der ein Ring drehbar gelagert ist. An diesem ist ein kreisförmiger Arm einseitig befestigt, auf welchem über ein Gleitstück und ein Kopplungsstück eine Röntgenröhre geführt ist. Über dem Probenkörper ist mit Hilfe eines Ständers eine Filmhalterung für einen Planfilm zwecks Aufnahme der Röntgenreflexstrahlen angeordnet.

Bei Betrieb dieser Vorrichtung werden zwangsläufig die Röntgenröhre auf dem kreisförmigen Arm verschoben und der diesen tragende Ring verdreht, so daß die Aufzeichnung der Kesselkegel möglich ist.

Mit dieser bekannten Vorrichtung ist eine röntgenographische Spannungsmessung nach dem BRAGG-BRENTANO-Verfahren nicht möglich und auch nicht vorgesehen, da der Reflexionswinkel nicht auf direktem Wege mit der erforderlichen Genauigkeit ermittelbar ist, die Kinematik der Vorrichtung anderen Bedingungen entspricht und außerdem Filmaufnahmen nur eines einzigen Kristalliten erfolgen.

Aus analogen Gründen ist auch die Anwendung des nach DD-PS 228072 bekannten Verfahrens zur Bestimmung der Hauptspannungsachsenlage eines räumlichen Spannungszustandes nicht möglich. Darüberhinaus ist bei dieser Vorrichtung die Einstellung verschiedener Kippwinkel nach dem ψ -Verfahren nicht durchführbar.

Ziel der Erfindung

Es ist Ziel der Erfindung, ein bequem handhabbares, mobiles Gerät anzugeben, um Spannungen in insbesondere großen Probenkörpern und Großbauteilen zu ermitteln, wobei das Verfahren nach DD-PS 228072 zur Bestimmung der Hauptspannungsachsenlage von räumlichen Spannungszuständen sowie das ψ -Verfahren bei der Einstellung des Kippwinkels anwendbar ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein mobiles Gerät zur röntgenographischen Bestimmung von Spannungszuständen, wobei verfahrensgemäß ein stufenweise eine vollständige Umdrehung ausführender Probenkörper durch einen Primärstrahl einer Röntgenstrahlquelle unter einem konstanten Kippwinkel bestrahlt und der abgebeugte Sekundärstrahl von einem Strahlenempfänger unter Registrierung des Reflexionswinkels aufgefangen wird, unter Verwendung einer am Probenkörper anbringbaren Kreisführung, welche einen verdrehbaren Ring aufnimmt, dem ein kreisförmiger Arm für die Führung der Röntgenstrahlquelle zugeordnet ist, wobei die Drehachse des Rings einer Oberflächennormalen des Probenkörpers entspricht, der Primärstrahl die Probenkörper-Oberfläche am Durchdringungspunkt der Drehachse berührt und die Achse des kreisförmigen Armes durch den Durchdringungspunkt verläuft, zu schaffen, wobei der Reflexionswinkel direkt erfaßbar ist und der kreisförmige Arm relativ zum Ring zusätzlich zwecks Einstellung eines Kippwinkels nach dem ψ -Verfahren verkipptbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß auf dem kreisförmigen Arm als Strahlenempfänger ein an sich bekannter Detektor mit ortsempfindlichem Verhalten verschieb- und feststellbar angeordnet ist und der kreisförmige Arm am Ring um eine Kippachse, welche tangential zur Probenkörper-Oberfläche durch den Durchdringungspunkt in einer auch Primär- und Sekundärstrahl enthaltenden Ebene verläuft, verschwenk- und feststellbar so gelagert ist, daß diese Lagerung bezüglich der Kippachse die Kippbewegung des kreisförmigen Armes nicht behindert.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung enthält die verschwenk- und feststellbare Lagerung des kreisförmigen Armes zwei diametral am Ring angeordnete Lagerstellen, welche jeweils aus einem Teil einer Kreisführung, deren Achse die Kippachse ist, und einem zugeordneten Gleitstück besteht, wobei das Teil der Kreisführung (bzw. das Gleitstück) symmetrisch nahe der Bogenenden des kreisförmigen Armes und das Gleitstück (bzw. das Teil der Kreisführung) am Ring angeordnet sind.

In einer zweckmäßigen Variante ist je Lagerstelle der verschwenk- und feststellbaren Lagerung des kreisförmigen Armes das jeweils dem Ring zugeordnete Teil der Kreisführung bzw. Gleitstück relativ zum Ring in Richtung einer Oberflächennormalen des Probenkörpers verstell- und feststellbar.

Vorteilhaft ist weiterhin in das Innere der auf dem Probenkörper anbringbaren Kreisführung ein Adapterring einlegbar.

Die Kreisführung ist auf der Oberfläche des Probenkörpers vorzugsweise kraftschlüssig befestigbar.

Seitlich an der Kreisführung befindet sich ein im wesentlichen in Richtung einer Oberflächennormalen des Probenkörpers erstreckender Tragarm für die Aufnahme der für den Detektor und/oder die Röntgenstrahlquelle erforderlichen elektrischen bzw. Medienleitungen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1: die (teilgeschnittene) Vorderansicht des erfindungsgemäßen Gerätes,

Fig. 2: die Draufsicht auf Fig. 1 (mit abgeschnittenem Tragarm),

Fig. 3: die Seitenansicht zu Fig. 1 im Teilschnitt bei weggelassenem Detektor und Röntgenstrahlquelle, wobei der kreisförmige Arm in Ausgangsstellung sowie um einen Kippwinkel ψ verkippt dargestellt ist.

Das erfindungsgemäße Gerät wird zwecks Ermittlung von Spannungszuständen eines größeren Probenkörpers 1 auf diesen aufgesetzt und an dessen Oberfläche befestigt. Es besteht aus einer Kreisführung 2, in deren Innerem nicht gezeichnete, schaltbare Elektromagnete vorgesehen sind, so daß die Kreisführung 2 an der Oberfläche des Probenkörpers 1, der aus ferromagnetischem Werkstoff bestehen soll, fest haften kann.

Durch die Kreisführung 2 ist ein Ring 3 um einen Drehwinkel ϕ bezüglich einer Drehachse 4 verdrehbar geführt. Dabei entspricht diese Drehachse 4 einer Oberflächennormalen des Probenkörpers 1 in einem Durchdringungspunkt 5 auf der Probenkörper-Oberfläche, der später noch genauer definiert wird. Ein nicht gezeichneter Schrittmotor ermöglicht die definierte Verdrehung des Ringes 3 um (wählbare) Drehwinkelschritte, beispielsweise um jeweils 15° .

Am Ring 3 ist ein kreisförmiger Arm 6 um eine Kippachse 7 verschwenk- und feststellbar gelagert. Diese Kippachse 7 verläuft in der Oberflächenebene des beispielsweise ebenen Probenkörpers 1, — allgemeiner tangential zur Probenkörper-Oberfläche im Durchdringungspunkt 5 — und schneidet in diesem die Drehachse 4 rechtwinklig.

Am kreisförmigen Arm 6 sind über ein erstes Führungsteil 8 eine Röntgenröhre 9 und über ein zweites Führungsteil 10 ein Detektor 11 mit ortsempfindlichem Verhalten verschiebbar entlang eines Kreisbogens und feststellbar geführt. Dazu weist der kreisförmige Arm (6) einen Krümmungsradius auf, dessen Mittelpunkt dem Durchdringungspunkt 5 entspricht.

Die Röntgenröhre 9 sendet bei Betrieb einen Primärstrahl 12 aus, welcher infolge der Führung der Röntgenröhre 9 längs des Kreisbogens des kreisförmigen Arms 6 in jeder Stellung der Röntgenröhre 9 auf den Durchdringungspunkt 5 gerichtet ist. Der abgebeugte Sekundärstrahl 13 wird von dem entsprechend eingestellten Detektor 11 aufgefangen. Durch den Primärstrahl 12 und den Sekundärstrahl 13 wird eine Ebene aufgespannt, die auch die Kippachse 7 enthält. Um zu sichern, daß die erwähnte Ebene sowohl den Durchdringungspunkt 5 als auch die Kippachse 7 erfaßt, ist aus konstruktiven Gründen der Führung von Röntgenröhre 9 und Detektor 11 der kreisförmige Arm 6 in der Draufsicht (Fig. 2) gekröpft ausgebildet.

Die verschwenk- und feststellbare Lagerung des kreisförmigen Arms 6 ist wie folgt aufgebaut:

Diametral gegenüberliegend und in Flucht zur Kippachse 7 sind am Ring 3 zwei Lagerkörper 14 befestigt. In dem gegeneinander zugewandten Flächen dieser Lagerkörper 14 ist je ein Teil einer Kreisführung 15 in Form eines Teils einer kreisförmig gekrümmten Nut eingearbeitet, deren Krümmungsradius R als Achse die Kippachse 7 besitzt. In das Teil der Kreisführung 15 greift jeweils ein entsprechend gekrümmtes Gleitstück 16 ein, welches an den Außenflächen im Bereich der Bogenenden des kreisförmigen Armes 6 angeordnet ist.

Durch diese Anordnung ist der kreisförmige Arm 6 um einen Kippwinkel ψ (nach dem ψ -Verfahren) um die Kippachse 7 verschwenkbar, ohne daß die konstruktive Gestaltung der in der Probenkörper-Oberfläche bzw. tangential verlaufenden Kippachse 7 die Kippbewegung behindert, was vorrangig bei größeren Probenkörpern 1 von Wichtigkeit ist.

Der Paarung Teil der Kreisführung 15/Gleitstück 16 ist eine nicht dargestellte Klemmeinrichtung zugeordnet, so daß der kreisförmige Arm 6 in einer eingestellten Kippwinkelstellung feststellbar ist. Gleichfalls nicht gezeichnet ist eine in jedem Lagerkörper 14 vorgesehene Vorrichtung zur Verschiebung des Teils der Kreisführung 15 relativ zum Lagerkörper 14 in Richtung senkrecht zur Probenkörper-Oberfläche sowie zur anschließenden Fixierung, um ggf. bei gekrümmten Probenkörper-Oberflächen oder aus weiteren Gründen eine exakte Höheneinstellung so zu gewährleisten, daß Durchdringungspunkt 5 und Kippachse 7 zumindest bezüglich des Durchdringungspunktes 5 in der Probenkörper-Oberfläche liegen.

In analoger Weise könnte auch das Gleitstück 16 relativ zum kreisförmigen Arm 6 einstell- und feststellbar sein.

Aus dem Grunde, gekrümmte Probenkörper-Oberflächen auszugleichen, kann es auch zweckmäßig sein, in das Innere der Kreisführung 2 einen (nicht gezeichneten) Adapterring einzulegen und zu befestigen, welcher im Zentrum eine Durchtrittsbohrung für Primärstrahl 12 und Sekundärstrahl 13 aufweist. Bei konvex gekrümmten Oberflächen wäre zusätzlich die Anordnung von einstellbaren Stützen an der Unterseite der Kreisführung 2 erforderlich.

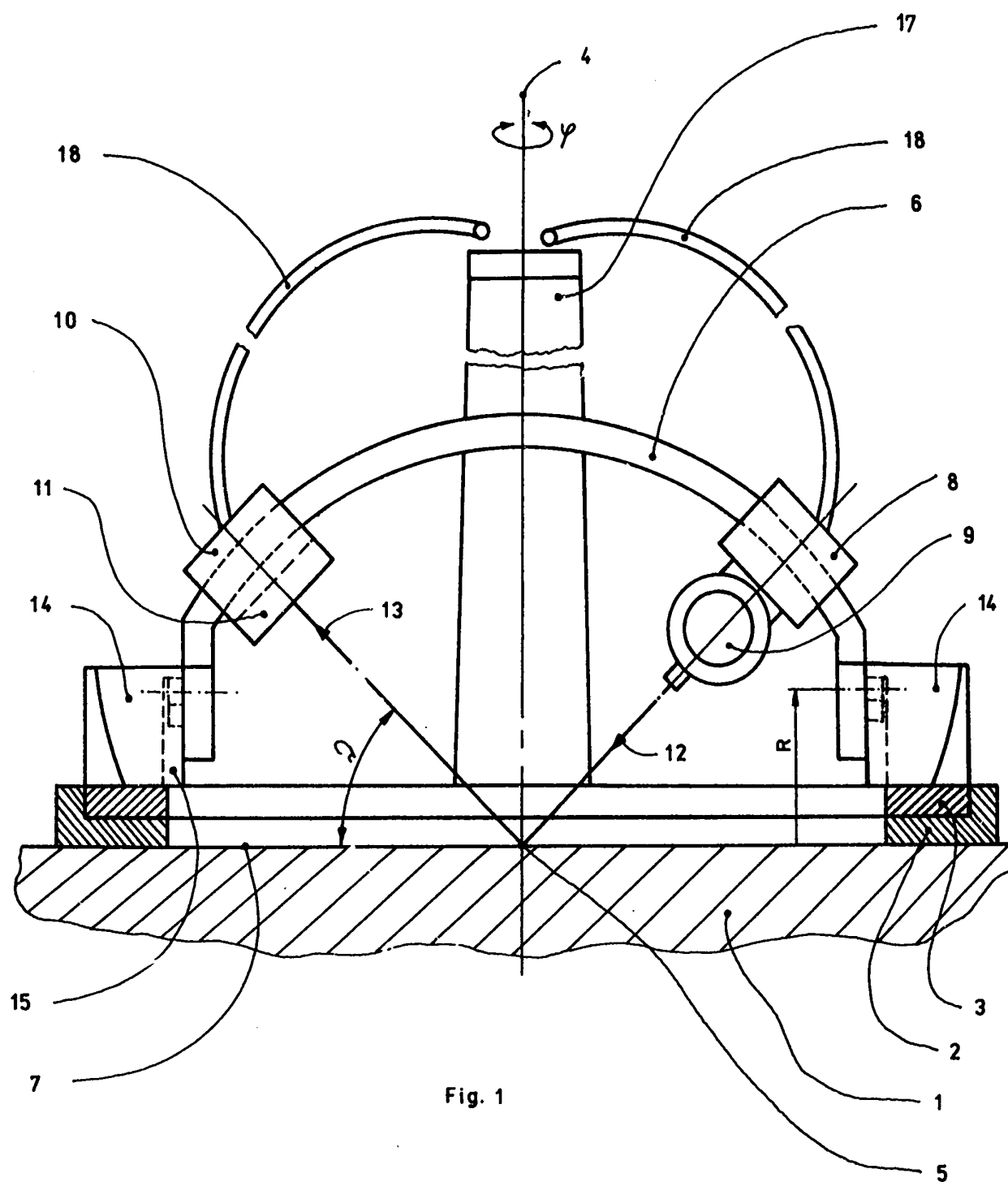
Seitlich an der Kreisführung 2 ist ein zur Probenkörper-Oberfläche senkrechter Tragarm 17 vorgesehen, welcher an seinem Ende ein bis in das Bereich der Drehachse 4 reichendes auskragendes Teil besitzt. An diesem Teil sind die für den Detektor 11 und die Röntgenröhre 9 erforderlichen elektrischen bzw. Medienleitungen 18 in einem weiten Bogen befestigt, um ohne Behinderung durch diese eine Verdrehung des Ringes 3 mit den auf dem kreisförmigen Arm 6 angeordneten Detektor 11/Röntgenröhre 9 um einen Drehwinkel ϕ von $2 \times 180^\circ$ um die Drehachse 4 zu gestatten.

Die Wirkungsweise ist wie folgt:

Wie eingangs erläutert, wird das mobile Gerät mit seiner Kreisführung 2 auf der Oberfläche des Probenkörpers 1 an der Stelle befestigt, an der vorhandene Spannungen ermittelt werden sollen. Diese Stelle soll dem Durchdringungspunkt 5 entsprechen; in Ausgangsstellung des Gerätes (Kippwinkel $\psi = 0^\circ$) durchdringt hier die Drehachse 4 die Probenkörper-Oberfläche und an dieser Stelle berührt der Primärstrahl 12 der Röntgenröhre 9 den Probenkörper 1.

Röntgenröhre 9 und Detektor 11 werden auf dem kreisförmigen Arm 6 so positioniert und festgestellt, daß der Sekundärstrahl 13 vom Detektor 11 aufgefangen werden kann. Dabei gestattet der ortsempfindliche Detektor 11 dessen Einstellung auf einen Mittelwert des zu erwartenden Winkelintervalls für den Reflexionswinkel ϑ .

Nun wird der für den Meßvorgang erforderliche Kippwinkel ψ (nach dem ψ -Verfahren) durch entsprechende Verschwenkung des kreisförmigen Arms um die Kippachse 7 und anschließende Fixierung eingestellt. Das Gerät läßt auch die Einstellung eines Kippwinkels nach dem (konventionellen) ω -Verfahren zu. Anschließend wird der Ring 3 in eine gegenüber der in Fig. 1 und 2 gezeichneten um 90° verdrehte Stellung gebracht. Aus dieser Anfangsstellung wird nun nach dem Verfahren nach DD-PS 228072 eine Meßreihe aufgenommen, d. h., es wird jeweils in Drehwinkelstellungen von $\phi = 0^\circ$, $\phi = 15^\circ$, $\phi = 30^\circ \dots \phi = 360^\circ$ des Gerätes relativ zum Probenkörper 1 bei einem konstanten Kippwinkel ψ der jeweilige Reflexionswinkel ϑ mit Hilfe des ortsempfindlichen Detektors 11 aufgenommen und ausgewertet, so daß zunächst die Lage der Hauptspannungsachsen eines räumlichen Spannungszustandes sowie anschließend die Spannungen selbst ermittelbar sind.



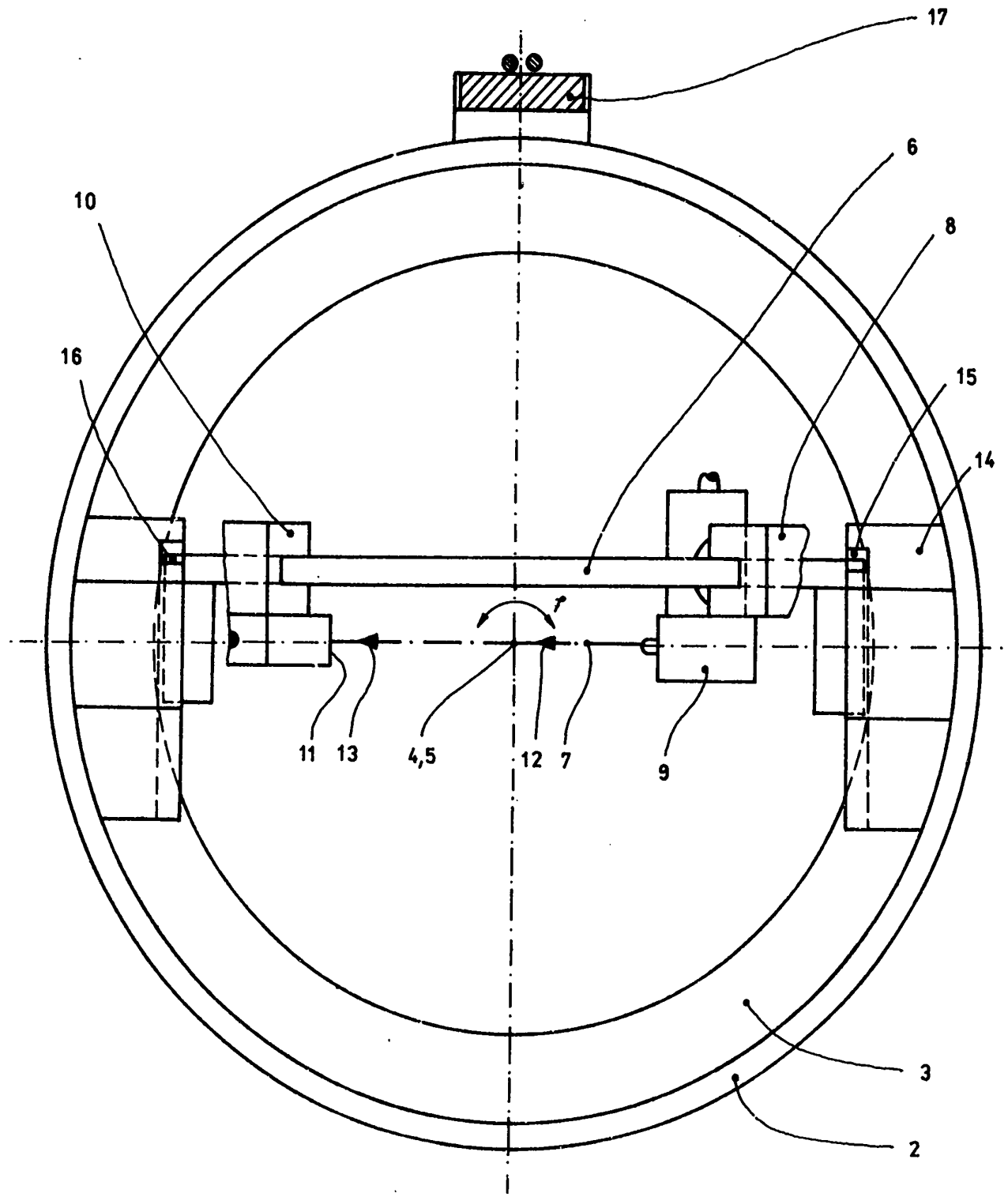


Fig. 2



Fig. 3