



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.04.2010 Patentblatt 2010/14

(51) Int Cl.:
E01D 19/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09164376.7**

(22) Anmeldetag: **02.07.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(72) Erfinder: **Boué, Andreas**
25938, Nieblum (DE)

(74) Vertreter: **Heine, Christian Klaus**
KNH Patentanwälte
Kahlhöfer Neumann Rößler Heine
Postfach 10 33 63
40024 Düsseldorf (DE)

(30) Priorität: **02.10.2008 DE 102008049942**

(71) Anmelder: **Diagnose- und Ingenieurgesellschaft**
Dr. Boué mbH
52076 Aachen (DE)

(54) **Verfahren und Inspektionsvorrichtung zum Inspizieren von Seilen**

(57) Das erfindungsgemäße Verfahren zum Inspizieren von Seilen, bei dem ein zu inspizierendes Seil mit einer Inspektionsvorrichtung befahren wird, die mindestens ein Inspektionsgerät zur Aufnahme von Daten zur Zustandscharakterisierung des Seiles trägt, wobei die Inspektionsvorrichtung mindestens drei Rollen umfasst, die kraftschlüssig mit dem Seil verbunden sind, wobei mindestens eine Rolle durch mindestens einen Motor angetrieben wird, so dass die Inspektionsvorrichtung am Seil verfahrbar ist, zeichnet sich dadurch aus, dass der mindestens eine Motor so ansteuerbar ist, dass die Inspektionsvorrichtung vorbestimmbare Positionen an dem Seil reproduzierbar anfährt und wobei zumindest zeitweise Daten zur Zustandscharakterisierung des Seiles positionsgenau aufgenommen. Diese Daten werden insbesondere live während der Inspektion dargestellt.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Inspektionsvorrichtung A gestatten eine reproduzierbare Oberflächeninspektion von Seilen beispielsweise von Hängebrücken. So ist mit automatischen Mitteln die Position und die Art von Oberflächendefekten am Seil feststellbar und diese sind wieder auffindbar.

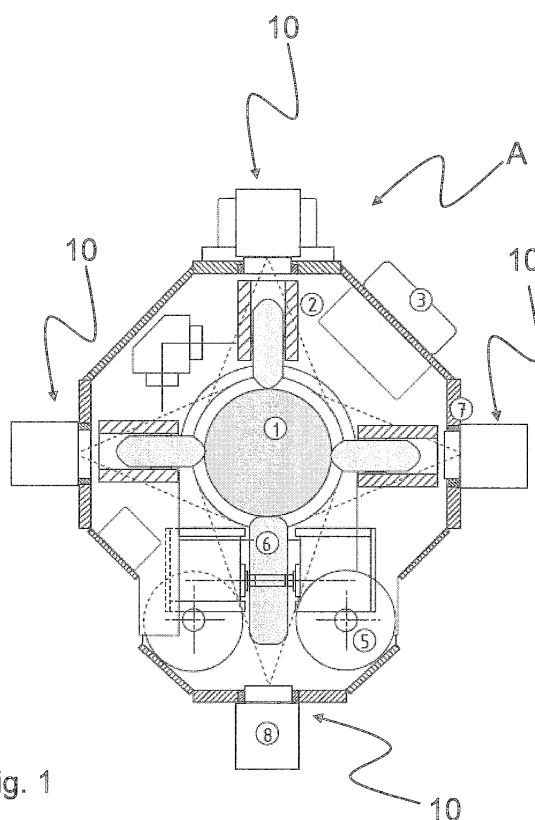


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Inspizieren von Seilen, sowie eine Inspektionsvorrichtung zum Inspizieren von Seilen. Verfahren und Inspektionsvorrichtung lassen sich insbesondere zur Inspektion von tragenden Seilen, wie sie beispielsweise an Brücken oder ähnlichen Bauwerken eingesetzt werden, anwenden.

[0002] Seile oder Stäbe, die zur Übertragung von Zugkräften stationär in technische Strukturen, wie beispielsweise Seil- oder Hängebrücken eingebaut werden, sind regelmäßig zu inspizieren, um die Gefährdung Dritter und der Bauwerke selber durch unerwartete Brüche der Seile oder Stäbe zu verhindern. Bisher haben Inspektionen dieser Seile oder Stäbe über bemannte Inspektionsgeräte oder Hubarbeitsbühnen stattgefunden. Auch unbemannte Inspektionsgeräte sind bekannt, beispielsweise aus der DE 203 11 395 U 1.

[0003] Da beim Inspizieren der Seile oder Stäbe insbesondere bei Hänge- oder Seilbrücken oft große Seillängen zu inspizieren sind - Seillängen von mehreren hundert Metern Länge sind üblich - liegt der folgenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Inspektionsvorrichtung anzugeben, mit der auch beim Inspizieren von Seilen großer Länge die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zumindest teilweise überwunden werden können und insbesondere reproduzierbare Inspektionsergebnisse erhalten werden können. Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren und eine Inspektionsvorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche.

[0004] Die jeweiligen abhängigen Ansprüche sind auf vorteilhafte Weiterbildungen gerichtet.

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Inspizieren von Seilen, bei dem ein zu inspizierendes Seil mit einer Inspektionsvorrichtung befahren wird, die mindestens ein Inspektionsgerät zur Aufnahme von Daten zur Zustandscharakterisierung des Seiles trägt, wobei die Inspektionsvorrichtung zumindest drei Rollen umfasst, die kraftschlüssig mit dem Seil verbunden sind, wobei mindestens eine Rolle durch mindestens einen Motor angetrieben wird, so dass die Inspektionsvorrichtung am Seil verfahrbar ist, zeichnet sich dadurch aus, dass der mindestens eine Motor so ansteuerbar ist, dass die Inspektionsvorrichtung vorbestimmbare Positionen an dem Seil reproduzierbar anfährt und wobei zumindest zeitweise Daten zur Zustandscharakterisierung des Seiles aufgenommen werden.

[0006] Unter dem Begriff "Seil" im Sinne der vorliegenden Erfindung wird ein Element verstanden, welches zur Aufnahme von Zugkräften geeignet ist. Insbesondere umfasst der Begriff "Seil" ein Seil und einen Stab, wie sie beispielsweise in Seil- oder Hängebrücken verbaut werden. Unter dem Begriff "Zustandscharakterisierung" werden Daten verstanden, die für den Zustand des Seiles oder von Teilen des Seiles, beispielsweise der Zustand einer Korrosionsschutzschicht auf dem Seil, die Intak-

heit einzelner Drähte des Seiles, Oberflächenkorrosion des Seiles und andere charakteristisch sind. Die Inspektionsvorrichtung ist unbemannt, kann also automatisch oder ferngesteuert das Seil befahren. Durch die mindestens drei, bevorzugt vier Rollen, steht die Inspektionsvorrichtung mit dem Seil im Kontakt. Hierbei wird eine kraftschlüssige Verbindung zwischen den Rollen und dem Seil erzeugt. Bevorzugt sind sämtliche Rollen mit einem gemeinsamen oder rollenindividuellen Motor antreibbar und werden so angetrieben. Durch den Antrieb wenigstens einer Rolle wird die Inspektionsvorrichtung am Seil verfahren. Durch eine entsprechende Ansteuerung des Motors, der beispielsweise einen Schrittmotor umfasst und/oder basierend auf Daten eines entsprechenden Sensors zur Positionsbestimmung erfolgt eine reproduzierbare Ansteuerung einer bestimmten Position am Seil und/oder eine positionsaufgelöste Datenaufnahme am Seil.

[0007] Das bedeutet, dass beispielsweise nach Abschluss einer Gesamtinspektion eines Seiles von mehreren 100 m oder sogar mehr als 1 km Länge eine ganz bestimmte Position an dem Seil, die beispielsweise als Abstand von einer Seilaufhängung und/oder einer Markierung auf dem Seil definiert werden kann, anfahrbar ist, um einen bestimmten Defekt oder die Oberflächenbeschaffenheit an dieser Position genauer zu inspizieren. So können auch bei aufeinanderfolgenden Inspektionen über die Zeit auftretende Zustandsveränderungen mit großer Präzision positionsaufgelöst beobachtet werden. Insbesondere ist es möglich, die Position am Seil auf 5 mm genau und besser wieder anzufahren. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können entsprechend auch große Seillängen regelmäßig reproduzierbar inspiziert werden. Die Daten zur Zustandscharakterisierung des Seiles können in vorgebbaren Zeit- und/oder Ortabständen oder auch kontinuierlich aufgenommen werden.

[0008] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Anpresskraft der Rollen an das Seil gesteuert.

[0009] Insbesondere kann dies basierend auf den Schlupfdaten der Rollen am Seil erfolgen. Die Steuerung der Anpresskraft erfolgt insbesondere in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit des Seiles und insbesondere dessen Korrosionsschutzes, der nicht beschädigt werden darf. Die Anpresskraft der Rollen kann durch entsprechende Anpressmotoren oder manuell durch eine entsprechende Vorspannung elastischer Elemente an den Rollenaufhängungen und des Rollenmaterials variiert werden.

[0010] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Pendelscherbeanspruchung des Seils kleiner als 2 % (Prozent) der Haftzugfestigkeit der Oberflächenschicht, bevorzugt eines Anstrichs, auf dem Seil.

[0011] Hierdurch kann vermieden werden, dass das Seil durch die Befahrung mit der Inspektionsvorrichtung beschädigt wird. Besonders bevorzugt sind Pendelscherbeanspruchungen von kleiner als 20, insbesondere

weniger als 10% oder sogar weniger als 2% der Haftzugfestigkeit der Oberflächenschicht auf dem Seil. Die Pendelscherbeanspruchung entsteht durch die Kombination des Antriebsmomentes mit Roll- und Pendelbewegungen der Inspektionsvorrichtung an und/oder auf dem Seil, die zu einer Scherung des Seiles führt. Die Pendelscherbeanspruchung kann insbesondere durch eine der folgenden Maßnahmen eingestellt werden:

- a) die Einstellung der Anpresskraft der Rollen;
- b) die Regelung der Anpresskraft der Rollen;
- c) die Auswahl des Materials der Rollen;
- d) die Einstellung der Anlagefläche der Rolle an dem Seil;
- e) die Begrenzung der Beschleunigungen und/oder Antriebskräfte;
- f) eine Dämpfung von Torkelbewegung in den Rollenlagern
- g) die Führung von Leitungen hin zu der Inspektionsvorrichtung, insbesondere von mindestens einer Versorgungsleitung und/oder Datenleitung;
- h) Reinigung und Trocknung der Seiloberfläche vor den Rollen

[0012] Unter Punkt h kann man insbesondere die Reinigung des Seiles durch kleine Bürsten und Abstreifer verstehen, die vor die Rollen montiert sind.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Daten auf mindestens einer der folgenden Arten aufgenommen:

- a) mittels Magnetfelddetektion;
- b) auf optischem Wege;
- c) durch Aufnahme von Schwingungen;
- d) durch Messung einer Schichtdicke mindestens einer oberflächennahen Schicht;
- e) Ultraschallmessungen; und
- f) Messungen der Materialhärte.

[0014] Unter der Magnetfelddetektion wird die Messung induzierter Magnetfelder im Seil verstanden. Unter Messungen auf optischem Wege wird insbesondere die Aufnahme von Daten mittels einer oder mehrere Bildaufnahmegeräte, wie z. B. Kameras verstanden. Die Aufnahme der Schwingungsmoden kann insbesondere durch entsprechend ausgebildete Trägheitssensoren erfolgen. Unter der Messung einer Schichtdicke einer oberflächennahen Schicht wird insbesondere die Bestimmung der Schichtdicke eines Anstrichs und/oder der Korrosionsschutzschichten, wie z. B. Verzinkung auf einem Seil mittels magnetischer oder Wirbelstromverfahren verstanden. Unter Ultraschallmessungen wird das Einleiten eines Ultraschallsignals in die Seiloberfläche und Messung deren Reflektion an Grenzschichten bezeichnet, deren Störungen somit abgebildet werden. Messungen der Materialhärte können insbesondere an Korrosionsschutzschicht und/oder einem Anstrich des Seiles und/oder darunter liegender Schichten bevorzugt durch

entsprechend ausgebildete Sensoren erfolgen, bei denen mit einer entsprechenden Sonde eine definierte Kraft auf einer definierten Fläche auf das Seil ausgeübt und der entsprechende Verformungswiderstand des Materials ermittelt wird.

[0015] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Daten an einen Empfänger übertragen.

[0016] Diese Übertragung kann insbesondere kabellos beispielsweise über die Ausbildung eines drahtlosen Netzwerks (W-LAN) oder kabelgebunden erfolgen. Der Empfänger kann hierbei bevorzugt am Boden oder auf der Oberfläche des zu inspizierenden Bauwerks beispielsweise der Brücke ausgebildet sein. Aufgrund der oftmals großen zu übertragenden Datenmenge, der langen Übertragungswege und der Ausgestaltung der Seile üblicherweise aus Stahl mit den entsprechenden elektromagnetischen Störungen ist eine drahtgebundene Übertragung an den Empfänger bevorzugt. Hierzu können handelsübliche und spezielle Netzkabel eingesetzt werden. Weiterhin ist die Inspektionsvorrichtung bevorzugt über dasselbe oder ein anderes Kabel mit Strom zu versorgen, um so Gewicht beim Aufbau der Inspektionsvorrichtung durch Einsparung des Gewichts der Akkumulatoren oder Batterien einzusparen.

[0017] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung werden mit den Daten Ortsinformationen aufgezeichnet, die mit der Position am Seil bei der Aufnahme der Daten korreliert sind.

[0018] Hierbei kann es sich insbesondere um Vorgaben des Schrittmotors, beispielsweise eine Anzahl von erfolgten Schritten, handeln. Außerdem kann es sich um Daten eines Winkelcodierers handeln, der die Rollendrehungen detektiert. Weiterhin ist es alternativ oder zusätzlich möglich, Eich- oder Kalibrierungsdaten der Ortsinformation aufzuzeichnen, bei der beispielsweise die zurückgelegte Strecke am Seil nach einer bestimmten Initialisierung aufgezeichnet und mit abgespeichert wird.

[0019] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Inspektionsvorrichtung zum Inspizieren von Seilen vorgeschlagen, die mindestens drei Rollen umfasst, mittels denen das zu inspizierende Seil mit der Inspektionsvorrichtung zu befahren ist und weiterhin mindestens ein Inspektionsgerät zur Aufnahme von Daten zur Zustandscharakterisierung des Seiles umfasst. Mindestens eine Rolle ist durch einen Motor antreibbar, so dass die Inspektionsvorrichtung am Seil verfahrbar ist. Erfindungsgemäß ist ein Steuermittel ausgebildet, mittels welchem der Motor so ansteuerbar ist, dass vorbestimmbare Positionen an dem Seil reproduzierbar anfahrbar sind.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Inspektionsvorrichtung sind Anpressmittel zum Anpressen der Rollen an das Seil ausgebildet.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Anpresskraft der Anpressmittel an das Seil regelbar.

[0022] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der

erfindungsgemäßen Inspektionsvorrichtung ist mindestens eines der folgenden Inspektionsgeräte ausgebildet:

- a) mindestens ein Sensor zur Messung selbst- oder fremdinduzierter lokaler Magnetfelder;
- b) mindestens eine Kamera zur Aufnahme optischer Daten;
- c) mindestens ein Schwingungsaufnehmer;
- d) mindestens ein Sensor zur Bestimmung einer Schichtdicke mindestens einer oberflächennahen Schicht;
- e) mindestens ein Ultraschallsensor; und
- f) mindestens ein Sensor zur Messung der Materialhärte.

[0023] Unter einem Sensor zur Messung selbst- oder fremdinduzierter lokaler Magnetfelder, einem so genannten Magnetinduktionsmessgerät, wird ein Gerät verstanden, mittels dem ein Magnetfeld in dem zu inspizierenden Seil induziert werden kann, das anschließend vermessen wird. Störungen des vorhandenen oder des derart induzierten homogenen Magnetfeldes können auf Drahtbrüche im Seil hinweisen. Bevorzugt umfasst die Inspektionsvorrichtung mehrere Kameras und insbesondere mehrere Arten von Kameras, wobei bevorzugt mit einer Art Kameras ein positionsgenaueres Bild, bevorzugt einer niedrigeren Auflösung, insbesondere zum zeitgleichen Übertragen und/oder Betrachten der Daten zur unmittelbaren örtlichen Inspektion des Seiles während der Befahrung bei höherer Befahrgeschwindigkeit dargestellt und aufgezeichnet wird. Eine zweite Art Kameras ist zur hochaufgelösten optischen Inspektion des Seiles positionsgenau nach der Befahrung ausgebildet.

[0024] Die für das erfindungsgemäße Verfahren offenbarten Details und Vorteile sind auf die erfindungsgemäße Inspektionsvorrichtung übertrag- und anwendbar und umgekehrt. Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, ohne auf die dort gezeichneten Details und Vorteile beschränkt zu sein. Es zeigen schematisch:

Fig. 1 ein erstes Schnittbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung an einem zu inspizierenden Seil; und

Fig. 2 ein zweites Schnittbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung an einem Seil.

[0025] Figur 1 zeigt einen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Inspektionsvorrichtung

A. Diese dient zum Inspizieren der Oberfläche eines Seils 1, beispielsweise eines Seils einer Seil- oder Hängebrücke. Die Inspektionsvorrichtung A ist über acht Rollen 6, die aus Weichgummi ausgebildet sind, kraftschlüssig mit dem zu inspizierenden Seil 1 verbunden. Die Rollen 6 sind paarweise so ausgebildet,

dass zwischen zwei benachbarten Paaren der Rollen 6 ein Winkel von 90° liegt. Durch Antrieb einer Rolle 6 durch einen entsprechenden Motor 5, der insbesondere auch Figur 2 zu entnehmen ist, kann das zu inspizierende Seil 1 mit der Inspektionsvorrichtung A befahren werden.

[0026] An einem Messgeräteträger 7 ist mindestens ein Inspektionsgerät 10 ausgebildet. Diese Inspektionsgeräte 10 umfassen Kameras 8 und Magnetfeldmessgeräte 9. Die Rollen 6 sind in Radaufhängungen 2 gehalten. Die durch die Inspektionsgeräte 10 und insbesondere die Kameras 8 und Magnetfeldmessgeräte 9 gelieferten Daten werden in einem Messauswertungsmittel 3 ausgewertet und ggf. einem nicht gezeigten Empfänger übertragen. Ferner ist ein Steuermittel 4 ausgebildet, mittels welchem der Motor 5 zum Antrieb der Rollen 6 überwacht und angesteuert wird. Die Steuermittel 4 umfassen dabei Positionszähler zur Bestimmung von Ortsinformationen, so dass diese mit den durch die Inspektionsgeräte 10 gelieferten Daten korrelier- und abspeicherbar sind, und wahlweise Schubkraftsensoren.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Inspektionsvorrichtung A gestatten eine reproduzierbare Oberflächeninspektion von Seilen beispielsweise von Hängebrücken. So ist mit automatischen Mitteln die Position und die Art von Oberflächendefekten am Seil feststellbar und diese sind wieder auffindbar.

Bezugszeichenliste

[0028]

- 1 Seil
- 2 Radaufhängung
- 3 Messauswertungsmittel
- 4 Steuermittel
- 5 Motor
- 6 Rollen
- 7 Messgeräteträger
- 8 Kamera
- 9 Magnetfeldmessgerät
- 10 Inspektionsgerät
- A Inspektionsvorrichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Inspizieren von Seilen, bei dem ein zu inspizierendes Seil mit einer Inspektionsvorrichtung befahren wird, die mindestens ein Inspektionsgerät zur Aufnahme von Daten zur Zustandscharakterisierung des Seiles trägt, wobei die Inspektionsvorrichtung mindestens drei Rollen umfasst, die kraftschlüssig mit dem Seil verbunden sind, wobei mindestens eine Rolle durch mindestens ei-

- nen Motor angetrieben wird, so dass die Inspektionsvorrichtung am Seil verfahrbar ist, wobei der mindestens eine Motor so ansteuerbar ist, dass die Inspektionsvorrichtung vorbestimmbare Positionen an dem Seil reproduzierbar anfährt und wobei zumindest zeitweise Daten zur Zustandscharakterisierung des Seiles korreliert mit der jeweiligen Position aufgenommen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Anpresskraft der Rollen an das Seil gesteuert wird. 10
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Pendelscherbeanspruchung kleiner als 20% (Prozent) der Haftzugfestigkeit der Oberflächenschicht auf dem Seil ist. 15
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Daten auf mindestens eine der folgenden Arten aufgenommen werden: 20
- a) mittels Magnetfelddetektion;
 - b) auf optischem Wege;
 - c) durch Aufnahme von Schwingungen;
 - d) durch eine Messung einer Schichtdicke mindestens einer oberflächennahen Schicht; 25
 - e) Ultraschallmessungen; und
 - f) Messungen der Materialhärte.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Daten an einen Empfänger übertragen werden. 30
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mit den Daten Ortsinformationen aufgezeichnet werden, die mit der Position am Seil bei der Aufnahme der Daten korreliert sind. 35
7. Inspektionsvorrichtung (A) zum Inspizieren von Seilen (1), umfassend mindestens drei Rollen (6), mittels denen das zu inspizierende Seil (1) mit der Inspektionsvorrichtung (A) zu befahren ist und mindestens ein Inspektionsgerät (10) zur Aufnahme von Daten zur Zustandscharakterisierung des Seiles (1), wobei mindestens eine Rolle (6) durch einen Motor (5) antreibbar ist, so dass die Inspektionsvorrichtung (A) am Seil (1) verfahrbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Steuermittel (4) ausgebildet ist, mittels welchem der Motor (5) so ansteuerbar ist, dass vorbestimmbare Positionen an dem Seil (1) reproduzierbar anfahrbar sind. 40 45 50
8. Inspektionsvorrichtung (A) nach Anspruch 7, bei der Anpressmittel zum Anpressen der Rollen (6) an das Seil (1) ausgebildet sind. 55
9. Inspektionsvorrichtung (A) nach Anspruch 8, bei der die Anpresskraft der Anpressmittel an das Seil (1)
- regelbar ist.
10. Inspektionsvorrichtung (A) nach einem der Ansprüche 7 bis 8, bei der mindestens eines der folgenden Inspektionsgeräte ausgebildet ist:
- a) mindestens ein Sensor zur Messung selbst- oder fremdinduzierter lokalen Magnetfelder (9);
 - b) mindestens eine Kamera (8) zur Aufnahme optischer Daten;
 - c) mindestens ein Schwingungsaufnehmer;
 - d) mindestens ein Sensor zur Bestimmung einer Schichtdicke einer oberflächennahen Schicht;
 - e) mindestens ein Ultraschallsensor; und
 - f) mindestens ein Sensor zur Messung der Materialhärte.

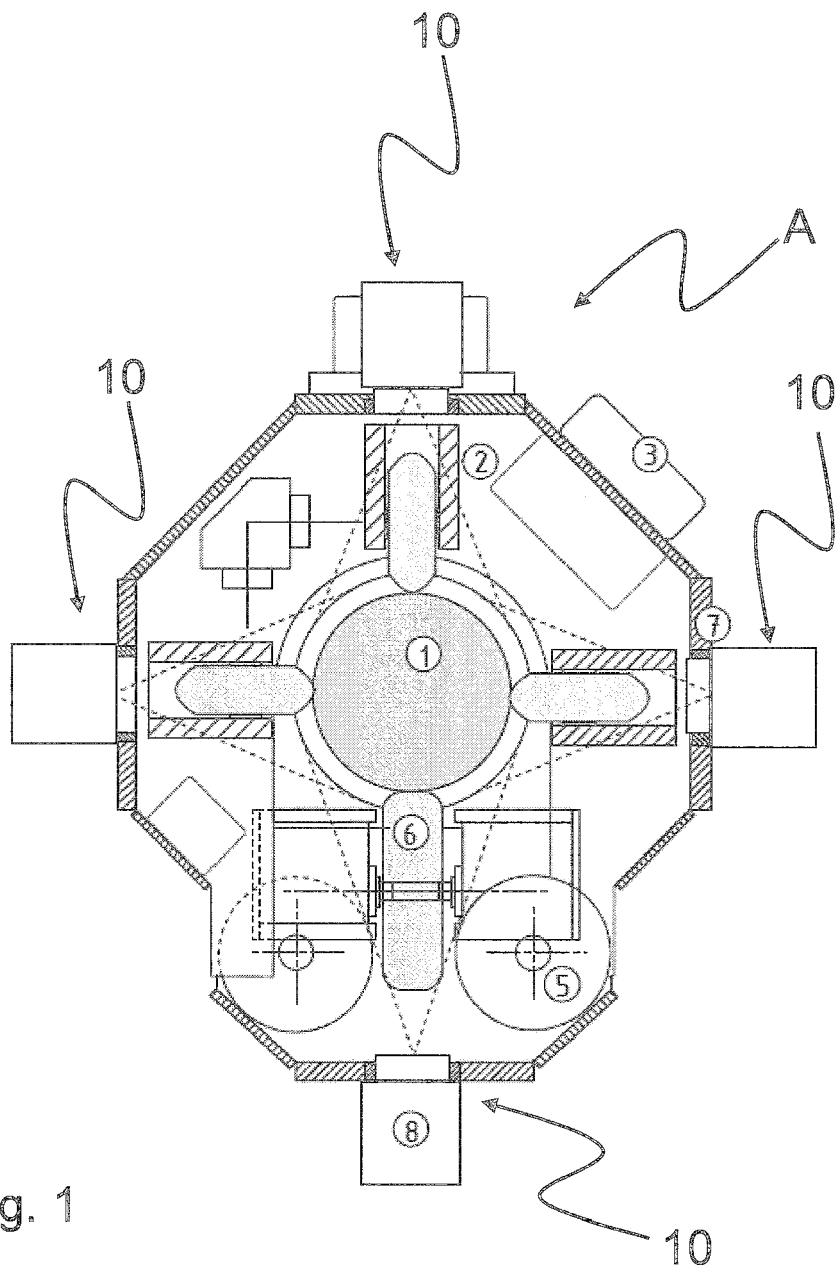


Fig. 1

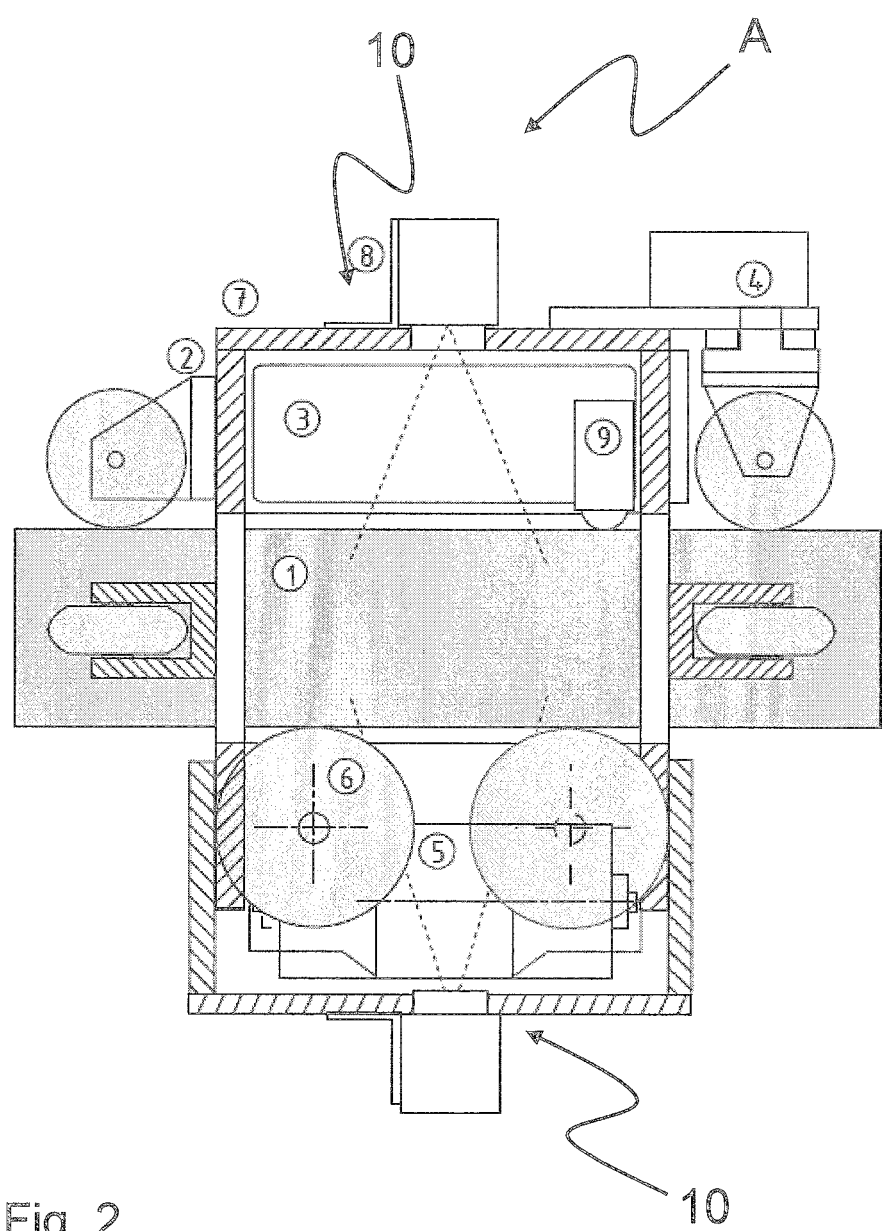


Fig. 2