

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 43 41 198 A1

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 05 D 3/00
G 01 N 27/90
G 01 N 29/04

⑳ Aktenzeichen: P 43 41 198.3
㉑ Anmeldetag: 3. 12. 93
㉒ Offenlegungstag: 8. 6. 94

⑦1 Anmelder:
Forschungszentrum Rossendorf eV, 01474
Rossendorf, DE

⑦2 Erfinder:
Schlenk, Rainer, 01324 Dresden, DE; Wustmann,
Bernd, 01324 Dresden, DE

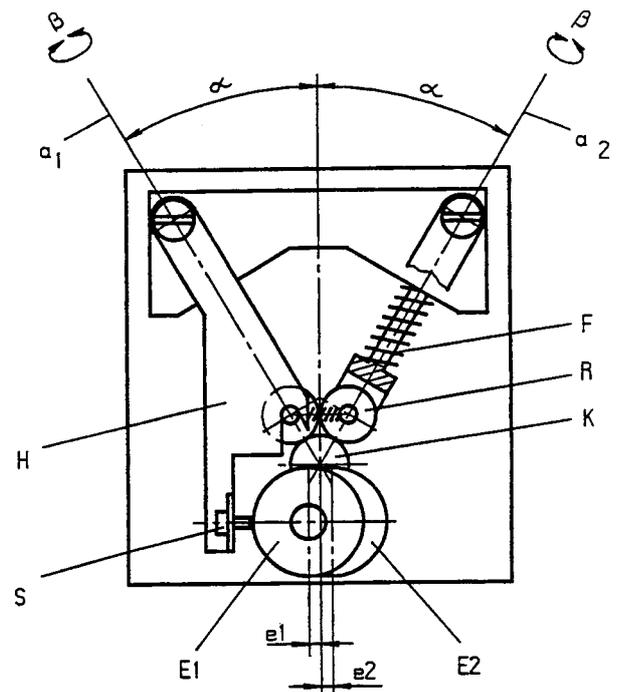
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-PS	15 73 840
DE-PS	12 76 914
DE	39 05 430 A1
DE	31 48 609 A1
DE	21 06 891 A1
US	52 23 793
US	48 64 239
US	44 30 614
US	41 55 455
US	41 55 455
US	33 98 592
CS	123 081

⑤4 Vorrichtung zur meridionalen Abtastung von Kugeloberflächen

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur möglichst lückenlosen Abtastung oder technologischen Veränderung (Gravieren, Beschreiben, Aufzeichnen) von Kugeloberflächen durch meridionale Drehbewegung der Kugel bei ortsfester Anordnung eines Tastkopfes, Sensors oder dergleichen. Entsprechende Aufgaben bestehen beispielsweise auf dem Gebiet der Prüftechnik zur Kontrolle der Qualität von Stahlkugeln z. B. auf Risse, Geometrie- oder Oberflächenfehler sowie u. a. beim Laserhärten der oberflächennahen Randzone von Spezialkugeln oder etwa beim Einprägen (Einbrennen) von Informationsträgern in Kugeloberflächen.

Die abzutastende Kugel wird dabei von einem rotierenden Zylinder im Reibkontakt in Rotation versetzt, und durch zwei, auf der Kugeloberfläche mitlaufende Steuer-Zylinderrolle mit einer zweiten, senkrecht auf der Achse der Antriebsbewegung stehenden Drehbewegung überlagert. Zur Vermittlung dieser zweiten Drehbewegung werden die zwei Steuer-Zylinderrollen R unter einem Winkel Alpha ($0^\circ < \text{Alpha} < 90^\circ$) symmetrisch zur Verbindungslinie Kugelmitte - Antriebszylinderachse angeordnet. Mindestens eine der Steuerzylinderrollen ist lenkbar um die durch den Winkel Alpha vorgegebene Lenkachse ausgeführt. Eine Lenkbewegung mit dem Amplitudenwinkel Beta ($0^\circ < \text{Beta} < \text{Beta}_{\text{max}}$ mit Beta_{max} ca. $10^\circ \dots 20^\circ$) ist genau synchron mit dem Kugeltrieb durch entsprechende mechanische Mittel eingekoppelt.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur möglichst lückenlosen Abtastung oder technologischen Veränderung (Gravieren, Beschreiben, Aufzeichnen) von Kugeloberflächen durch meridionale Drehbewegung der Kugel bei ortsfester Anordnung eines Tastkopfes, Sensors oder dergleichen. Entsprechende Aufgaben bestehen beispielsweise auf dem Gebiet der Prüftechnik zur Kontrolle der Qualität von Stahlkugeln z. B. auf Risse, Geometrie- oder Oberflächenfehler sowie u. a. beim Laserhärten der oberflächennahen Randzone von Spezialkugeln oder etwa beim Einprägen (Einbrennen) von Informationsträgern in Kugeloberflächen.

Aus der CS-PS 123 081 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der die abzutastende Kugel von einer Steuerrolle und einer Stützrolle geführt, und von einer Reibrolle fortwährend angetrieben wird, wobei sich die Rotationsachse der Kugel bezüglich einer gedachten Markierung auf der Kugeloberfläche durch den Einfluß der Steuerrolle von Umdrehung zu Umdrehung geringfügig ändert (meridionale Drehbewegung der Kugel), so daß schließlich die gesamte Oberfläche der Kugel an einem ortsfesten Punkt an dem z. B. ein Sensor angeordnet ist, vorbeibewegt wird. Dabei ist die spezifisch angepaßte Geometrie der Steuerrolle von entscheidender Bedeutung. Diese besteht aus zwei sich gegenüberliegenden, starr miteinander verbundenen Kegeln, deren Kegelmantel sich sinusförmig ändert und dabei um den Wert von 45 Grad symmetrisch schwankt, wobei ein Umlauf des Kegelmantels einer Sinusperiode entspricht. Die Kugel wird hierbei zwischen Reibrolle, Stützrolle und Steuerrolle unter Beachtung definierter Winkelverhältnisse federnd eingeklemmt und über Reibkontakt zur Rotation gezwungen.

Diese Steuerrolle stellt ein kompliziertes Präzisionsenteil mit extremen Anforderungen an die Fertigungsgenauigkeit dar. Ihre Fertigung ist sehr aufwendig und kostenintensiv. Darüber hinaus ist diese Steuerrolle ein ausgesprochenes Verschleißteil, da gleichzeitig zur Rollreibung auch Gleitreibung (Bohrreibung) auftritt, was selbst bei Verwendung von Hartmetall zu frühzeitigem Verschleiß und damit Fehlern bei der Abtastung und recht schnell zum völligen Ausfall führt (Laufzeit maximal 200 Stunden).

Die geometrischen Randbedingungen zur Kugelhalterung und -führung ergeben eine ungünstige Zugänglichkeit zur Kugeloberfläche, so daß Einschränkungen bezüglich der Anzahl von Sensoren bestehen. Diese müssen außerdem bei jedem Kugelwechsel zur Seite geschwenkt werden, was den technologischen Durchlauf größerer Kugelmengen pro Zeiteinheit erschwert.

In der US-PS 5 223 793 werden ein allgemeiner Überblick über eine Reihe von prinzipiellen Möglichkeiten zur Erzeugung der gewünschten Meridionalbewegung aufgelistet sowie einige mathematisch-physikalische Zusammenhänge zwischen Bewegungseinleitung und Spurbildung auf der Kugeloberfläche abgeleitet. So wird gezeigt, daß bei Nichteinhaltung der Idealbedingungen (s. u.) mehr oder weniger große Oberflächenbereiche der Kugel nicht abgetastet werden.

Allen in der US-PS vorgestellten Varianten ist gemeinsam, daß sämtliche an der Bewegungserzeugung beteiligten Kegel- oder Zylinderrollen raumfeste Achsrichtungen besitzen und die gewünschte Meridionalbewegung der Kugel durch Variation der Rotationsgeschwindigkeit dieser Rollen über eine elektronische Steuerung erfolgt. Dabei ist der Steuerungsaufwand an

Elektronik und Software sehr hoch. Die Vielzahl von Bewegungen rotatorischer und translatorischer Art, die mit hoher Präzision aufeinander abgestimmt erfolgen müssen, bergen die Gefahr, daß sich Ungenauigkeiten in der Steuerung (bzw. in der Mechanik) zu größeren Fehlern aufsummieren, die schließlich die Zuverlässigkeit einer solchen Anordnung für den Großserien- bzw. robusten Fertigungseinsatz in Frage stellen. Außerdem ist eine Vielzahl von Präzisionsbaugruppen (Lagerstellen, Lineareinheiten) erforderlich, die einen hohen Herstellungsaufwand verursachen.

Aufgabe der Erfindung ist es, die meridionale Kugelbewegung mittels einer die o.g. Nachteile vermeidenden Vorrichtung durch eine neue Gestaltung der Einkopplung der Meridionalbewegung zu erreichen.

Mit der Erfindung wird diese Aufgabe durch die in den Patentansprüchen dargelegte Vorrichtung gelöst.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kommt aufgrund der neuen Kugelsteuerung ohne hochgenaue, kompliziert gestaltete Präzisionsteile aus. Es ist lediglich erforderlich, den Antriebszylinder mit dem gleichen Durchmesser wie die Kugel herzustellen (zulässige Abweichung ca. 0,1%). Dies stellt keine Schwierigkeit dar und ermöglicht enorme Kostenvorteile.

Da die erfindungsgemäße Kugelsteuerung auf der Anwendung reiner Rollreibung zwischen Kugeloberfläche und Antriebszylinder sowie den Steuer-Zylinderrollen basiert, wird ein Verschleiß weitgehend vermieden. Ein weiterer Vorteil des neuen Verfahrens liegt in der Möglichkeit, einen Kugelwechsel relativ einfach zu automatisieren. Dabei ist es besonders günstig, daß die Sensoren an Ort und Stelle (Meßposition) verbleiben können. Die geometrisch günstige Gestaltung erlaubt dabei sogar die gleichzeitige Anordnung mehrerer Sensoren bzw. Tastköpfe zur Ermittlung verschiedener Oberflächenkennwerte der zu untersuchenden Kugel.

Die Spurbreite und damit die Abtastdichte läßt sich durch entsprechende Hebelgestaltung z. B. mittels veränderlicher Hebellänge durch einstellbaren Anlenkungspunkt variabel ausführen. Dies ermöglicht die einfache Anpassung der erfindungsgemäßen Vorrichtung an veränderliche Aufgabenstellungen. Mit der Steuerrolle nach der CS-PS ist eine Variation der Abtastspur nicht möglich. Aufgrund der Funktionstrennung von Kugelhalterung und Steuermechanik ist insbesondere auch eine Miniaturisierung der Mechanik möglich, wobei Kugeln mit weit unter 3 mm Durchmesser untersucht werden können. Dies wird dadurch unterstützt, daß ein größerer Oberflächenbereich der Kugel von Bauelementeüberdeckungen frei bleibt und sich damit die Zugänglichkeit auch für relativ große Sensoren wesentlich verbessert (1:1,5).

Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In der dazugehörigen Zeichnung zeigen

Fig. 1 und **Fig. 2** eine Vorder- bzw. Seitenansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung

Fig. 3 das Schema der meridionalen Abtastung einer Kugeloberfläche,

Fig. 4 eine Ausführungsvariante mit der Möglichkeit eines automatisierten Kugelwechsels.

Auf einem um seine Symmetrieachse rotierenden Antriebszylinder Z mit dem Durchmesser D befindet sich im Reibkontakt die zu drehende Kugel K, welche in Längsrichtung des Antriebszylinders durch zwei Anschläge A in Form von z. B. Zylinderstiften oder Kugeln mit gehalten wird. Auf die Oberfläche der Kugel drücken (mittels elastischer Kraft) symmetrisch zur Verbin-

dungslinie Kugelmitte – Antriebszylinderachse zwei Steuerzylinderrollen R unter dem Winkel α wodurch ein seitliches Ausweichen der Kugel in einer Ebene senkrecht zur Antriebszylinderachse verhindert wird. Die Andruckkraft wird z. B. durch Federn F, Gewichte oder Flüssigkeits- bzw. Gasdruck erzeugt. Die Achsen dieser, im Beispiel durch Kugellager dargestellten Steuerzylinderrollen, sind in Gabeln G gelagert, welche sich um die Steuerachsen a1, a2 bewegen lassen. Um eine oder beide dieser Achsen a1, a2 erfolgt als Lenkbewegung eine symmetrische Pendelbewegung mit dem Amplitudenwinkel β ($0^\circ < \beta < \beta_{\max}$, mit β_{\max} ca. $10^\circ \dots 20^\circ$) genau synchron mit der Kugeldrehung. Werden beide Rollen gelenkt, so erfolgt die Lenkbewegung zueinander in Gegenphase, also mit einer Phasenverschiebung von 180 Grad. Die Einkopplung der Lenkbewegung auf die gesteuerten Rollen R erfolgt in z. B. durch Hebel H mit dem Pendelwinkel γ auf die verlängerten Achsen dieser Rollen, wobei die Hebel z. B. durch Exzenter E1, E2, realisiert durch exzentrisch gelagerte Kugellager mit feststehendem Außenring, oder Nocken auf der Achse des Antriebszylinders Z in Bewegung gesetzt werden. Die Abtastung der Exzenter oder Nocken erfolgt beispielsweise durch Stellschrauben S, wobei die Rückführung der Hebel durch Federn mit Fußpunkt auf einer ortsfesten Grundplatte oder durch eine Zugfeder erfolgen kann, die zwischen den Hebeln H oder zwischen den verlängerten Achsen der gesteuerten Rollen angeordnet wird. Sollen beide Rollen R gesteuert werden, was für einen reibungsarmen, störungsfreien und präzisen Bewegungsablauf vorzuziehen ist, müssen, um die oben beschriebene Kinematik zu erfüllen, die Exzenter E1, E2 um 180 Grad versetzt angeordnet und in der Amplitude möglichst gleich, sowie die Hebel H gleich lang sein ($e1 = e2$). Die Durchmesser des Zylinders Z und der Kugel K müssen in jedem Falle gleich groß und damit das Übersetzungsverhältnis der Reibübertragung $i = 1$ gewählt werden. Jede Abweichung von $i = 1$ führt zu Fehlern in der Spurenaufzeichnung dergestalt, daß sich im Bereich der Spurkreuzungen (Pole) Flächenstücke als unbeschrieben bzw. unabgetastet erweisen, die ggfs. größer als zulässig ausfallen. Ein zulässiges Maß hierfür könnte die vorgegebene Spurbreite sein. Wie in Fig. 3 dargestellt, ist die Spurbreite s der maximale Abstand zweier benachbarter Spuren bzw. Rollbahnen in Äquatorhöhe. Diese Spurbreite wird durch den Pendelwinkel β bestimmt.

Um z.B. eine lückenlose Erfassung von Qualitätsmerkmalen auf der Kugeloberfläche sowie dicht darunter vorzunehmen, wird durch einen Wirbelstromsensor zur Rißererkennung und einen optischen Sensor zur Erfassung der optischen Oberflächengüte nach dem Reflexprinzip eine berührungsfreie Abtastung der Oberfläche durchgeführt, wobei die Spurbreite s der Meridionalbewegung geringer als die kleinere der Erfassungsbreiten (Sichtbreite) der Sensoren eingestellt wird.

In Fig. 3 ist eine Ausführungsvariante der Erfindung dargestellt, wie sie z. B. in automatisierten Fertigungs- bzw. Prüfsystemen zum Einsatz kommen kann. Dabei werden die für die Kugelhalterung erforderlichen Anschläge durch im technologischen Ablauf vor- bzw. nachgelagerte Kugeln der gleichen Größe wie die abzutastende Kugel gebildet. Der Kugelwechsel erfolgt durch zyklisches Weiterschieben immer neuer Kugeln mittels z.B. Hubkolben aus einer Zuführrinne in die Meßposition entlang einer Parallelen zur Antriebszylinderachse. Auf diese Weise wird die bereits ausgemessene Kugel als Anschlag für die nachfolgend zu vermes-

sende Kugel benutzt, die darauf folgende dient jeweils als zweiter Anschlag, so daß eine Automatisierung des Kugelwechsels möglich wird. Die Kugeln werden beim Verschieben längs der Zylinderachse in geeigneten Kullissen bzw. Begrenzungen geführt, so daß der beschriebene Bewegungsablauf zwangsweise zustandekommt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur meridionalen Abtastung von Kugeloberflächen bei der die abzutastende Kugel von einem rotierenden Zylinder im Reibkontakt angetrieben wird und in Längsrichtung dieses Antriebszylinders durch zwei Anschläge, in Querrichtung durch zwei Zylinderrollen, gehalten ist, und bei der zusätzliche Steuereinrichtungen vorgesehen sind, mittels derer die Kugel mit einer zweiten, senkrecht auf der Achse der Antriebsbewegung stehenden Drehbewegung überlagert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Vermittlung dieser zweiten Drehbewegung zwei auf der Kugeloberfläche mitlaufende Steuer-Zylinderrollen R unter einem Winkel α ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) symmetrisch zur Verbindungslinie Kugelmitte – Antriebszylinderachse angeordnet sind, wobei mindestens eine der Steuerzylinderrollen lenkbar um die durch den Winkel α vorgegebene Lenkachse ausgeführt ist, und eine Lenkbewegung mit dem Amplitudenwinkel β ($0^\circ < \beta < \beta_{\max}$, mit β_{\max} ca. $10^\circ \dots 20^\circ$) genau synchron mit dem Kugeltrieb eingekoppelt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide Steuerzylinderrollen lenkbar angeordnet sind und ihre Lenkbewegung zueinander mit einer Phasenverschiebung von 180 Grad in Gegenphase erfolgt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einkopplung der Lenkbewegung auf die Steuerzylinderrollen R durch Hebel H mit dem Pendelwinkel γ ($0^\circ < \gamma < \gamma_{\max}$, mit γ_{\max} ca. $10^\circ \dots 30^\circ$) auf die verlängerten Achsen dieser Rollen erfolgt, wobei die Hebel direkt durch mit dem Antriebszylinder verbundene Auslenkeinrichtungen bewegt werden.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind mittels derer die Steuerzylinderrollen elastisch auf die Oberfläche der Kugel gedrückt werden.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschläge zur Kugelhalterung durch im technologischen Ablauf vor- bzw. nachgelagerte Kugeln der gleichen Größe gebildet werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

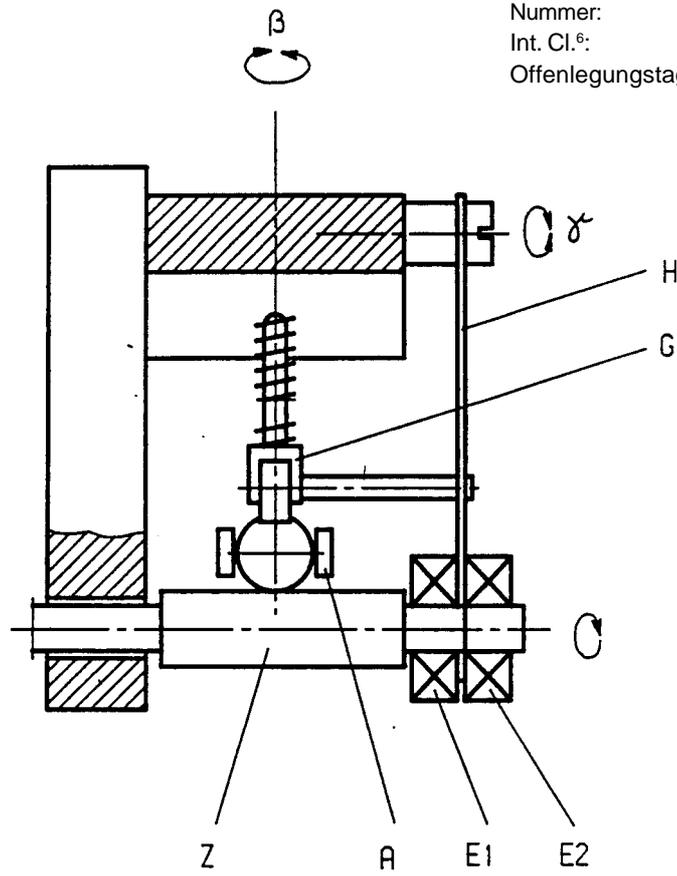


Fig. 1

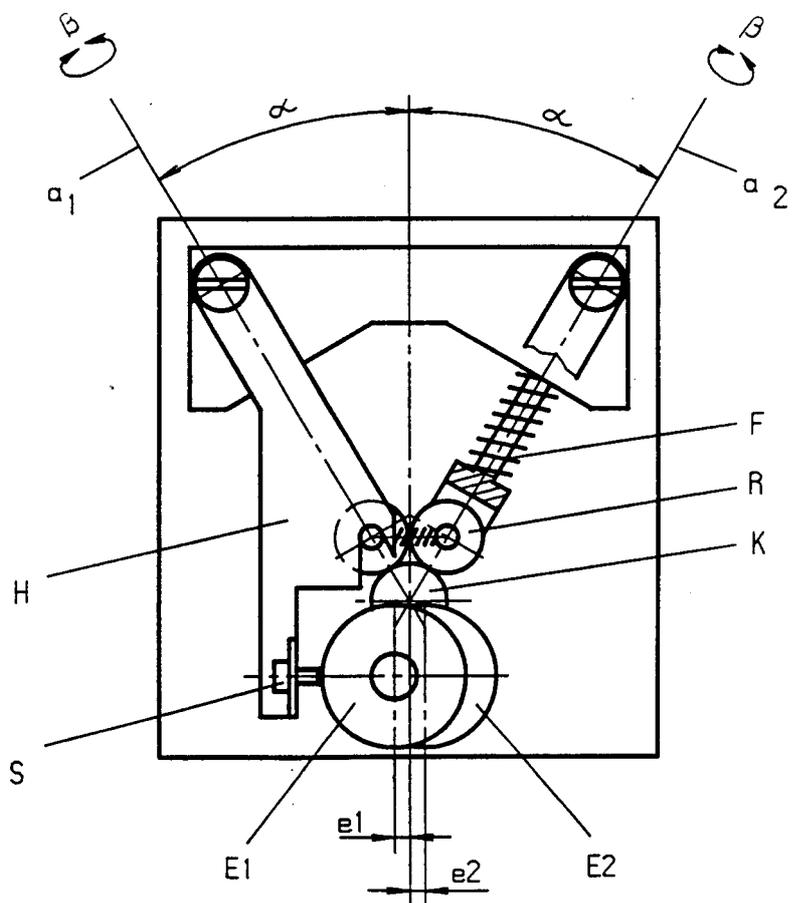


Fig. 2

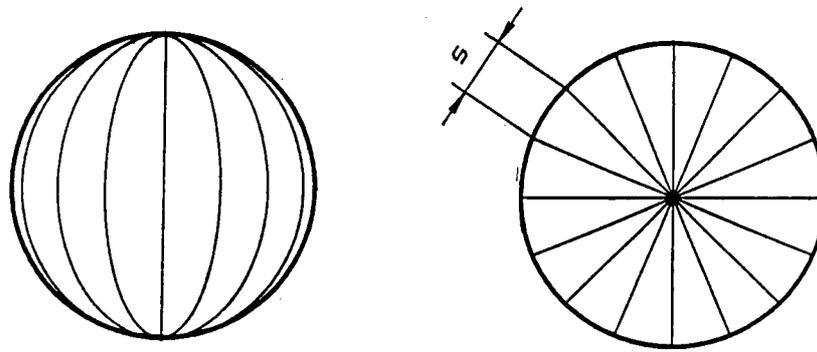


Fig. 3

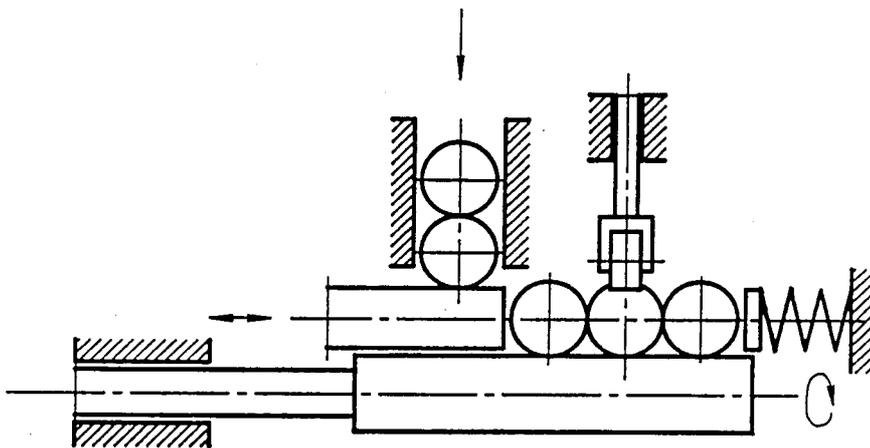


Fig. 4