

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 703 022 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**08.07.1998 Patentblatt 1998/28**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B21D 53/26**, B21H 1/10

(21) Anmeldenummer: **95113252.1**

(22) Anmeldetag: **23.08.1995**

**(54) Verfahren zum Spalten einer Ronde aus Metall**

Method of clearing a round of metal

Procédé pour fissurer un rond en métal

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE GB**

(30) Priorität: **23.08.1994 DE 4429801**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**27.03.1996 Patentblatt 1996/13**

(73) Patentinhaber:  
**Leifeld GmbH & Co.  
D-59207 Ahlen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Reichhardt, Hans H.  
D-50678 Köln (DE)**  
• **Köstermeier, Karl-Heinz  
D-33397 Rietberg (DE)**

(74) Vertreter:  
**Weber, Otto Ernst, Dipl.-Phys. et al  
Weber & Heim  
Irmgardstrasse 3  
81479 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 451 268**                      **BE-A- 714 551**

**EP 0 703 022 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Spalten einer Ronde aus Metall, wobei das Spalten vom Umfang der Ronde aus nach innen hin unter stetig zunehmender Vertiefung und Aufweitung des Spaltes erfolgt. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 15.

Das Spalten einer Ronde aus Metall mittels einer Spaltrolle auf einer Drückmaschine ist ein bekanntes und verbreitetes Umformverfahren im Bereich der Drücktechnik (siehe z.B. BE-A-714 551). Dieses Spalten wird zur Herstellung von rotationssymmetrischen Teilen, beispielsweise von Riemenscheiben, eingesetzt. Es eignet sich auch für Drückteile mit einem zentralen Nabenbereich. Das Spalten steht dabei meistens am Anfang einer Umformung, die in mehreren Schritten vorgenommen wird, wobei durch das Spalten der Umfangsbereich der Ronde in zwei Flügel geteilt wird, die nachfolgend durch weitere Drückoperationen oder andere Bearbeitungsschritte weiter umgeformt werden. Entsprechend der gewünschten oder erforderlichen Materialverteilung auf die beiden Flügel des Umfangsbereiches erfolgt dabei das Spalten entweder symmetrisch oder auch asymmetrisch.

Als nachteilig ist bei dem bekannten Verfahren des Spaltens einer Ronde aus Metall mittels einer Spaltrolle auf einer Drückmaschine anzusehen, daß für den Spaltvorgang sehr hohe Kräfte in Radialrichtung auf die Ronde ausgeübt werden müssen. Insbesondere bei Ronden aus einem einerseits relativ dünnen und andererseits relativ harten Material, z.B. Stahl, kommt es dabei leicht zu Ungenauigkeiten im Verlauf des Spaltes, wodurch sich Abweichungen von der gewünschten Materialverteilung auf die beim Spalten entstehenden Flügel des Umfangsbereiches ergeben. Besonders groß ist das Risiko von derartigen Abweichungen bei asymmetrischen Spalten, da hier die zwischen der Spaltrolle und der Ronde wirkenden Kräfte unsymmetrisch sind, was Fehler beim Spaltvorgang begünstigt. Außerdem müssen die Spaltrollen aus sehr hartem und damit teurem Werkstoff gefertigt werden, um ausreichende Standzeiten zu erreichen. Dennoch unterliegen Spaltrollen bei dem bekannten Spaltverfahren einem hohen Verschleiß, was relativ häufige Nachbearbeitung oder Ersatz der Spaltrollen erforderlich macht.

Es stellt sich daher die **Aufgabe**, ein Verfahren zum Spalten einer Ronde aus Metall sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, die eine höhere Genauigkeit des Spaltvorganges und damit eine verbesserte Produktqualität ermöglichen und bei denen längere Standzeiten der eingesetzten Werkzeuge, insbesondere der mit der Ronde zusammenwirkenden Rollen, erreicht werden.

Bezüglich des Verfahrens wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zumindest der Bereich des Spaltgrundes mit einem Energiestrahl zum

Erwärmen und/oder Spalten lokal beaufschlagt wird.

Durch die Verwendung eines Energiestrahles werden am Spaltgrund weitgehend die hohen Spannungen vermieden, welche normalerweise bei einem herkömmlichen, rein mechanischen Spaltvorgang auftreten. Die Wirkung des Energiestrahles kann einerseits darin bestehen, daß dieser den Bereich des Spaltgrundes an einer eng begrenzten Stelle stark erwärmt. Hierdurch kommt es zu Gefügeeweichungen des Rondenwerkstoffs. Dies verhindert den Aufbau von Gefügespannungen und das Auftreten von Kaltverfestigungen. Des weiteren ermöglicht der erweichte Werkstoff einen schnelleren und leichteren mechanischen Spaltvorgang.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung kann der Energiestrahle auch so ausgewählt und eingestellt sein, daß dieser Material aus dem Werkstoffgefüge der Ronde herauslöst, aufgeschmolzen oder verdampft. Bei einem derartigen sehr energiereichen Strahl wird das Spalten, d.h. das Trennen der beiden Rondenhälften, durch den Energiestrahle selbst ausgeführt. Lediglich die Aufweitung wird bei diesem Verfahren dann noch mechanisch durchgeführt.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß der Energiestrahle ein Laser- oder ein plasmastrahl ist. Während ein Laserstrahl hochenergetisches Licht darstellt, weist ein plasmastrahl zusätzlich Materiepartikel auf. Im Gegensatz zum sehr präzisen aber aufwendigen Laser kann mit einem Plasmastrahl bei einem relativ geringen Aufwand eine hohe Energieübertragung erreicht werden.

Eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß das Spalten vom Umfang der Ronde aus nach innen hin unter stetig zunehmender Vertiefung und Aufweitung des Spaltes erfolgt und daß kombiniert und gleichzeitig mittels thermisch wirksamer Laserstrahlung die Ronde im Spaltbereich lokal erwärmt und mechanisch gespalten und/oder aufgeweitet wird.

Durch die erfindungsgemäß gleichzeitig mit der mechanischen Einwirkung erfolgende Einwirkung der Laserstrahlung auf die Ronde wird der für das mechanische Umformen der Ronde erforderliche Kraftaufwand wesentlich vermindert. Hierdurch werden alle Nachteile, die auf die Ausübung hoher Kräfte zurückzuführen sind, vermieden und es wird eine verbesserte Genauigkeit beim Spaltvorgang erreicht. Die mit dem erfindungsgemäß durchgeführten Verfahren erreichbaren Materialverteilungen auf die beiden Flügel des gespaltenen Umfangsbereiches der Ronde lassen sich somit einer gewünschten oder erforderlichen Verteilung wesentlich besser annähern. Dies führt auch zu einer verbesserten Qualität der durch die weiteren Umformungen erzeugten Werkstücke. Gleichzeitig sind für das Spalten und/oder Aufweiten der Ronde Rollen geringerer Härte einsetzbar oder alternativ wesentlich verlängerte Standzeiten der Rollen erreichbar, wodurch Zeit und Kosten eingespart werden.

Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, daß die Erwärmung der Ronde im Spaltbereich durch den Energiestrahle bis zur Erweichung des Metalls erfolgt und daß die Ronde im erweichten Zustand durch eine Spaltrolle gespalten und aufgeweitet wird. Bei dieser Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt der Spaltvorgang der Ronde durch die Spaltrolle, wobei der Spaltvorgang aber durch die mittels des Energiestrahls bewirkte Erweichung des Metalls mit wesentlich geringeren Kräften erfolgen kann.

Eine alternative bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens schlägt vor, daß die Erwärmung der Ronde im Spaltbereich durch den Energiestrahle bis zur Verflüssigung oder Verdampfung des Metalls erfolgt und so durch den Energiestrahle unmittelbar der Spalt erzeugt wird und daß der Spalt durch eine Aufweitrolle aufgeweitet wird. Bei dieser Ausgestaltung des Verfahrens wird der Spalt selbst unmittelbar durch den Energiestrahle erzeugt, so daß lediglich noch ein Aufweiten des Spaltes durch eine Aufweitrolle erforderlich ist, wodurch die mechanischen Umformkräfte auf ein Minimum reduziert werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist es vorteilhaft, daß zumindest der erwärmte Bereich an der Ronde mit Schutzgas beaufschlagt wird. Durch das Schutzgas wird der erwärmte oder aufgeschmolzene Bereich an der Ronde von der Umgebungsatmosphäre abgeschirmt. Hierdurch wird eine unerwünschte Oxidbildung in dem aufgeschmolzenen Werkstoff vermieden. Das Schutzgas kann durch eine Düse lokal begrenzt zugeführt werden. Des weiteren kann das gesamte Verfahren unter einer Schutzgasatmosphäre, beispielsweise in einem Schutzgasraum, durchgeführt werden.

Bei einer bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist es von Vorteil, daß der Energiestrahle ein Wasserschneidstrahl ist. Durch diesen sehr feinen Hochdruck-Wasserstrahl werden Materialpartikel aus dem Rondenwerkstoff zur Spaltenbildung herausgetrennt. In Kombination mit einer mechanischen Aufweitrolle leistet der Wasserschneidstrahl eine definierte Richtung beim Spaltvorgang.

Um mittels der Laserstrahlung die Wärmeenergie gezielt in einen gewünschten, relativ kleinräumigen Bereich der Ronde einbringen zu können, kann vorgesehen sein, daß ein konvergierender fokussierter Energiestrahle verwendet wird, wobei der Energiestrahle selbst oder die Fokussierung des Energiestrahls so nachgeführt wird, daß der Fokus stets auf dem Grund des Spaltes liegt, und wobei der Spalt stetig so aufgeweitet wird, daß der fokussierte Energiestrahle abschattungs-frei bis zum Grund des Spaltes gelangt. Durch die Verwendung eines konvergierenden Laserstrahls wird außerdem sichergestellt, daß Bereiche der Ronde oder einer Vorrichtung, die unbeabsichtigt außerhalb des Fokus von dem Laserstrahl getroffen werden, nur in geringem Maße erwärmt werden, so daß hier Schäden

oder Unfälle vermieden werden.

Um zu vermeiden, daß die von dem Energiestrahle in die Ronde eingebrachte Wärmeenergie vor dem Kontakt des erwärmten Rondenbereiches mit der Spalt- und/oder Aufweitrolle zu stark abfließt, kann vorgesehen sein, daß in Umfangsrichtung der Ronde gesehen der Energiestrahle in einem Winkelabstand zwischen 10° und 90° vor der Spalt- oder Aufweitrolle auf die Ronde trifft. Der im Einzelfall optimale konkrete Winkelabstand richtet sich beispielsweise nach der Drehgeschwindigkeit der Ronde beim Spalten, nach der Wärmeleitfähigkeit und Reflexionseigenschaft des Metalls, aus dem die Ronde besteht, und nach der Leistung des Lasers, und wird in der Praxis zweckmäßig durch Versuche festgelegt.

Der Energiestrahle kann während des Spaltens im wesentlichen in Radialrichtung oder alternativ im wesentlichen in Tangentialrichtung der Ronde auf diese treffen, wobei eine weitere Alternative darin besteht, daß der Energiestrahle während des Spaltens unter einem variablen Winkel auf die Ronde trifft. Auch hier richtet sich die konkrete Auswahl des für den einzelnen Anwendungsfall optimalen Auftreffwinkels nach den Materialeigenschaften und Umformeigenschaften der jeweils umzuformenden Ronde und wird in der Praxis am besten durch Versuche zu ermitteln sein.

Um die Fläche, auf welcher von dem Energiestrahle Wärmeenergie in die Ronde eingebracht wird, möglichst gut dem Verlauf des zu erzeugenden bzw. gerade erzeugten Spaltes anzupassen, wird vorgeschlagen, daß ein Energiestrahle mit einem ovalen oder rechteckigen Strahlquerschnitt und einem entsprechend ovalen oder rechteckigen Fokus angewendet wird, wobei die längere Achse des Ovals oder Rechtecks in Längsrichtung des Spaltes verläuft. Während des Spaltens wird der Energiestrahle durch eine Nachführeinrichtung so nachgeführt, daß der Energiestrahle stets auf den Spaltgrund fokussiert ist.

Der zweite Teil der Aufgabe, betreffend eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, wird ausgehend von einer Vorrichtung mit einer Drückmaschine, welche mindestens eine drehantreibbare Spindel mit einem Futter zur Aufnahme der Ronde und mindestens eine wenigstens in Radialrichtung der Ronde zustellbare Spalt- und/oder Aufweitrolle aufweist, dadurch gelöst, daß mindestens eine Einrichtung zur Erzeugung eines fokussierbaren Energiestrahls vorgesehen ist, der zumindest den Bereich des Spaltgrundes zum Erwärmen und/oder Spalten lokal beaufschlagt.

Vorteilhaft ist die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens eine an sich bekannte Drückmaschine mit üblichen Komponenten, die lediglich zur Ausführung des Verfahrens mit wenigstens einer Strahlerzeugungseinrichtung zu ergänzen ist. Diese Ergänzung erfordert einen relativ geringen zusätzlichen technischen Aufwand, wodurch die Vorrichtung mit relativ geringen Kosten zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens befähigt werden kann.

Bevorzugte Anordnungen der Spalt- und/oder Aufweitrolle und des Lasers sind in den Ansprüchen 16, 17 und 18 angegeben.

Weiterhin kann für die Vorrichtung vorgesehen sein, daß diese eine berührungslos arbeitende, die Temperatur des von dem Energiestrahл getroffenen Bereiches der Ronde erfassende sowie eine die Leistung und/oder Fokussierung und/oder Positionierung der Strahlerzeugungseinrichtung erfassende, steuernde und überwachende Meß- und Steuereinrichtung aufweist. Mittels einer solchen Meß- und Steuereinrichtung wird sichergestellt, daß stets die für die jeweilige Umformung erforderliche Wärmemenge exakt in die Ronde, insbesondere in den Spaltgrund, eingebracht wird, so daß es nicht zu Überhitzungen oder zu einer zu geringen Erwärmung kommen kann.

Bevorzugt ist vorgesehen, daß die Vorrichtung eine CNC-Steuerung aufweist und daß die vorgenannte Meß- und Steuereinrichtung in die CNC-Steuerung integriert ist. Heutige Drückmaschinen sind praktisch immer mit einer CNC-Steuerung ausgestattet, die mit relativ geringem Aufwand hinsichtlich zusätzlicher Meßeinrichtungen und zusätzlicher Programmteile zur Integration der Meß- und Steuereinrichtung für die Erfassung, Steuerung und Überwachung der Temperatur des Bereiches der Ronde sowie der Leistung, Fokussierung und Positionierung der Strahlerzeugungseinrichtung erweiterbar ist.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung bestehen darin, daß als Strahlerzeugungseinrichtung ein Laser, ein Plasmastrahlerzeuger oder eine Wasserschneidstrahl-Einrichtung vorgesehen ist.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß eine Vorwärmanlage, insbesondere eine Induktionsanlage, zum Aufwärmen der Ronde vorgesehen ist. Die Ronde kann auf eine Temperatur von mehreren 100° C vorgewärmt werden, so daß bei Beaufschlagung mit einem Laserstrahl sich ohne lange Verzögerungszeiten die gewünschte Gefügeveränderung einstellt.

Bei einer anderen Ausführungsform ist es vorteilhaft, daß ein Laserstrahlerzeuger einen oder mehrere Laserstrahlen erzeugt, die an unterschiedliche Einsatzstellen über Leiteinrichtungen leitbar sind. Durch optische Leiteinrichtungen, wie Glasfasern oder Spiegel, können so Laserstrahlen aus einem einzigen Laserstrahlerzeuger, beispielsweise zu mehreren erfindungsgemäßen Spaltvorrichtungen, geleitet werden. Hierbei können mehrere Laserstrahlen gleichzeitig oder ein einziger Laserstrahl alternierend zu den unterschiedlichen Vorrichtungen geleitet werden. Somit kann die Anzahl der notwendigen kostenintensiven Laserstrahlerzeuger reduziert werden.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung besteht auch darin, daß auf die Ronde, insbesondere im Bereich des Spaltgrundes eine Beschichtung zur Reflexionsminderung, beispielsweise Graphit, aufgebracht wird. Für eine effiziente Einbringung von Energie

in das Werkstück mittels Laser ist eine geringe Reflexion des Laserstrahls an die Werkstückoberfläche nötig. Zur Reduktion der Reflexion wird erfindungsgemäß eine Beschichtung mit einem matten und schwarzen Mittel aufgebracht. Als besonders zweckmäßig hat sich hierbei Graphitpulver herausgestellt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand einer Zeichnung beschrieben. Die Figuren der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine erste Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens in schematischer Darstellung und

Fig. 2 zwei geänderte Ausführungen der Vorrichtung ebenfalls in schematischer Darstellung.

Figur 1 der Zeichnung zeigt eine als Drückmaschine ausgeführte Vorrichtung 1 zum Spalten einer Ronde 5. Die Vorrichtung 1 weist eine Spindel 2 auf, die im Schnitt dargestellt ist und welche mittels eines Futter 21, das hier verdeckt ist, die Ronde 5 verdrehfest trägt.

Weiterhin umfaßt die Vorrichtung 1 eine Spalt- und Aufweitrolle 3, die an einem Rollenhalter 31 drehbar gelagert ist. Dabei verläuft die Drehachse 30 der Rolle 3 parallel zur Drehachse 20 der Spindel 2. Die Rolle 3 ist mit dem Rollenhalter 31 auf einem Support 33 in Radialrichtung der Ronde 5 im Sinne des Bewegungspfeiles 39 verfahrbar. Unterhalb des Supports 33 ist ein Teil eines Maschinenbettes 32 der Vorrichtung 1 angedeutet.

Schließlich zeigt die Figur 1 noch einen Laser 4 als Strahlerzeugungseinrichtung, der auf einem auf dem Rollenhalter 31 angebrachten weiteren Support 41 im Sinne des Bewegungspfeiles 49 verfahrbar ist. Mittels des Lasers 4 ist ein konvergierender Energie- oder Laserstrahl 40 erzeugbar, der in einem Fokus 40' auf die Ronde 5 trifft. Der Laser 4 ist mit seinem Support 41 über eine nicht dargestellte Justiereinrichtung so einstellbar, daß der Laserstrahl 40 ebenfalls im wesentlichen stets in Radialrichtung der Ronde 5 verläuft und auf den Spaltgrund ausgerichtet ist.

Bei Durchführung des Verfahrens zum Spalten einer Ronde wird zunächst eine vorgefertigte Ronde 5, hier eine flache, kreisringförmige Metallscheibe, auf das Futter 21 an der Spindel 2 aufgesetzt und dort gegen Verdrehung gesichert, beispielsweise mittels eines Gegenhalters. Die Spindel 2 wird dann zusammen mit der Ronde 5 in Drehung versetzt, wie dies durch den Bewegungspfeil 28 angegeben ist. Außerdem wird der Laser 4 eingeschaltet, wodurch der Laserstrahl 40 mit seinem Fokus 40' erzeugt wird. Gleichzeitig wird die Spaltrolle 3 durch Verfahren des Rollenhalters 31 auf dem Support 33 nach rechts hin zum Umfang 50 der Ronde 5 zugestellt.

Durch den von dem Laser 4 erzeugten Laserstrahl wird das die Ronde 5 bildende Metall am Umfangsbereich 50 der Ronde erwärmt und dadurch erweicht,

wodurch die zum Umfang 50 hin zugestellte Spaltrolle 3 vergleichsweise leicht in das Metall eindringen und so einen Spalt 51 erzeugen kann. Unter weiterer Drehung der Ronde 5 im Sinne des Drehpfeiles 28 und weiterer Zustellung der Spaltrolle 3, die sich im Sinne des Drehpfeiles 38 passiv dreht, wird der Spalt 51 zunehmend vertieft und aufgeweitet. Dadurch, daß der Laser 4 auf dem Rollhalter 31 der Spaltrolle 3 sitzt, wird der Fokus 40' des Laserstrahles 40 ohne weitere Maßnahmen stetig so nachgeführt daß er stets auf den Grund 52 der Nut 51 trifft. Hierdurch wird eine optimale Einleitung der vom Laserstrahl 40 übertragenen Wärmeenergie in den Umfangsbereich 50 der Ronde 5 erreicht.

Weiterhin wird durch die Anordnung des Lasers 4 in unmittelbarer Nachbarschaft zur Spaltrolle 3 die vom Laserstrahl 40 übertragene Wärmeenergie relativ nah am Eingriffsbereich der Spaltrolle 3 mit der Ronde 5 eingebracht, so daß ein vorzeitiger Wärmeabfluß ausgeschlossen wird.

Nach der vorangehend beschriebenen Erzeugung des Spaltes 51 kann dann die Ronde 5 mittels weiterer Umformungen zu einem fertigen Werkstück bearbeitet werden.

Figur 2 der Zeichnung zeigt zwei alternative Ausgestaltungen der Vorrichtung 1, wobei diese alternativen Ausgestaltungen sich von der Vorrichtung 1 gemäß Figur 1 dadurch unterscheiden, daß der Laser 4 bzw. 4' nun unabhängig von der Spalt- oder Aufweitrolle 3 verfahrbar ist.

Auch die Vorrichtung 1 gemäß Figur 2 ist eine Drückmaschine, die hier in Ausschnitten schematisch dargestellt ist. Im rechten Teil der Darstellung ist wieder die Spindel 2 erkennbar, auf der die Ronde 5 verdrehfest angeordnet ist. Links von der Ronde 5 ist wieder die Spalt- und Aufweitrolle 3 sichtbar, die an ihrem Rollhalter 31 mittels des Supports 33 relativ zum Maschinenbett 32 in Radialrichtung der Ronde 5 verfahrbar ist. Oberhalb der Rolle 3 ist ein erster Laser 4 dargestellt, der hier unabhängig vom Rollhalter 31 an einem eigenen Support 43 im Sinne der Bewegungspfeile 49 verfahrbar ist. Die Richtung der Verfahrbarkeit ist hier senkrecht zur Richtung der Verfahrbarkeit des Rollhalters 31 und zur Achse der Spindel 2 gewählt. Weiterhin ist die Lage des Lasers 4 relativ zur Ronde 5 so gewählt, daß der von dem Laser 4 erzeugbare Laserstrahl 40 im wesentlichen tangential auf den Umfang 50 der Ronde 5 trifft.

Bei der Darstellung in Figur 2 ist der Spalt 51 im Umfang 50 der Ronde 5 schon zu einem Teil hergestellt, wobei der Laser 40 durch Verfahren entlang seines Supports 43 so nachgeführt wird, daß der Fokus 40' des Laserstrahls 40 stets auf den Grund 52 des Spaltes 51 trifft.

Eine alternative Anordnung und Ausrichtung ist anhand eines Zweiten Lasers 4' im oberen rechten Teil der Figur 2 gezeigt. Bei dieser Ausführung der Vorrichtung 1 ist der Laser 4' in Radialrichtung der Ronde 5 ausgerichtet und in seiner Längsrichtung und in einer

Richtung parallel zu dem von ihm erzeugbaren Laserstrahl 40 im Sinne des Bewegungspfeiles 49 verfahrbar. Durch entsprechende Nachführung des Lasers 4' entlang seines hier vorgesehenen eigenen Supports 43 wird auch bei dieser Ausführung erreicht, daß der Fokus 40' des Laserstrahles 40 stets auf den Grund 52 des Spaltes 51 trifft.

Außer mit einem einzelnen Laser 4 oder 4' kann die Vorrichtung 1 auch mit zwei Lasern 4 und 4' ausgestattet sein, falls dies erforderlich ist.

Mittels des Laserstrahles 40 kann bei entsprechender Leistung nicht nur eine Erweichung des die Ronde 5 bildenden Metalles erreicht werden, sondern bei Bedarf auch dessen Verflüssigung oder Verdampfung in den vom Laserstrahl 40 bzw. dessen Fokus 40' getroffenen Bereichen. Bei dieser Ausführung wird dann der Spalt 51 im Umfang 50 der Ronde 5 unmittelbar durch den Laserstrahl 40 erzeugt, wobei dann die Rolle 3 hier lediglich noch die Funktion einer Aufweitrolle hat, die den Spalt aufweitet und so dafür sorgt, daß der konvergierende Laserstrahl 40 auch bei Vertiefung des Spaltes 51 abschattungsfrei bis zum Grund 52 des Spaltes 51 gelangen kann. Bei der zuletzt beschriebenen Ausführung sind zweckmäßig noch Mittel zur Abführung des verflüssigten und/oder verdampften Metalles vorzusehen, die in der Zeichnung nicht eigens dargestellt sind.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Spalten einer Ronde (5) aus Metall, bei dem vom Umfang (50) der Ronde (5) aus nach innen hin eine Spaltung und eine mechanische Aufweitung des Spaltes (51) erfolgt, dadurch **gekennzeichnet**,

daß zumindest der Bereich des Spaltgrundes (52) mit einem Energiestrahle (40) zum Erwärmen und/oder Spalten lokal beaufschlagt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Energiestrahle (40) ein Laser- oder ein Plasmastrahl ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**,

daß das Spalten vom Umfang (50) der Ronde (5) aus nach innen hin unter stetig zunehmender Vertiefung und Aufweitung des Spaltes (51) erfolgt und

daß kombiniert und gleichzeitig mittels thermisch wirksamer Laserstrahlung die Ronde (5) im Spaltbereich lokal erwärmt und mechanisch gespalten und/oder aufgeweitet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Erwärmung der Ronde (5) im Spaltbereich durch den Energiestrahle (40) bis zur Erweichung des Metalls erfolgt und daß die Ronde (5) im erweichten Zustand durch eine Spaltrolle (3) gespalten und aufgeweitet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Erwärmung der Ronde (5) im Spaltbereich durch den Energiestrahle (40) bis zur Verflüssigung oder Verdampfung des Metalls erfolgt und so durch den Energiestrahle (40) unmittelbar der Spalt (51) erzeugt wird und daß der Spalt (51) durch eine Aufweitrolle (3) aufgeweitet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**,

daß zumindest der erwärmte Bereich an der Ronde (5) mit Schutzgas beaufschlagt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 4 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Energiestrahle (40) ein Wasserschneidstrahl ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,

daß ein konvergierender, fokussierter Energiestrahle (40) verwendet wird, wobei der Energiestrahle (40) oder die Fokussierung des Energiestrahls (40) so nachgeführt wird, daß der Fokus (40') stets auf dem Grund (50) des Spaltes (51) liegt, und wobei der Spalt (51) stetig so aufgeweitet wird, daß der fokussierte Laserstrahl (40) abschattungsfrei bis zum Grund (52) des Spaltes (51) gelangt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,

daß in Umfangsrichtung der Ronde (5) gesehen der Energiestrahle (40) in einem Winkelabstand zwischen 10 und 90 Grad vor der Spalt- oder Aufweitrolle (3) auf die Ronde (5) trifft.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Energiestrahle (40) während des Spaltens im wesentlichen in Radialrichtung der Ronde (5) auf diese trifft.

- 5 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Energiestrahle (40) während des Spaltens im wesentlichen in Tangentialrichtung der Ronde (5) auf diese trifft.

10

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**,

daß der Energiestrahle (40) während des Spaltens unter einem variablen Winkel auf die Ronde (5) trifft.

15

20

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,

daß ein Energiestrahle (40) mit einem ovalen oder rechteckigen Strahlquerschnitt und einem entsprechend ovalen oder rechteckigen Fokus (40') angewendet wird, wobei die längere Achse des Ovals oder Rechtecks in Längsrichtung des Spaltes (51) verläuft.

25

30

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**,

daß auf die Ronde (5), insbesondere im Bereich des Spaltgrundes (52), eine Beschichtung zur Reflexionsminderung, beispielsweise Graphit, aufgebracht wird.

35

40

15. Vorrichtung zum Spalten einer Ronde (5) aus Metall, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, mit einer Drückmaschine, welche mindestens eine drehantreibbare Spindel (2) mit einem Futter (21) zur Aufnahme der Ronde (5) und mindestens eine wenigstens in Radialrichtung der Ronde (5) zustellbare Spalt- und/oder Aufweitrolle (3) aufweist, dadurch **gekennzeichnet**,

daß mindestens eine Einrichtung (4, 4') zur Erzeugung eines fokussierbaren Energiestrahls vorgesehen ist, der zumindest den Bereich des Spaltgrundes (52) zum Erwärmen und/oder Spalten lokal beaufschlagt.

50

55

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Spalt- und/oder Aufweitrolle (3) und die

Strahlerzeugungseinrichtung (4, 4') auf einem gemeinsamen Support (33) angeordnet sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Strahlerzeugungseinrichtung (4, 4') entlang einer in Längsrichtung des von ihm erzeugbaren Strahls (40) verlaufenden Achse relativ zu der Spalt- und/oder Aufweitrolle (3) verfahrbar ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Spalt- und/oder Aufweitrolle (3) und die Strahlerzeugungseinrichtung (4, 4') auf je einem eigenen Support (33, 43) angeordnet und unabhängig voneinander verfahrbar sind.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch **gekennzeichnet**,

daß eine berührungslos arbeitende, die Temperatur des von dem Energiestrahle (40) getroffenen Bereiches der Ronde (5) erfassende sowie eine die Leistung und/oder Fokussierung und/oder Positionierung der Strahlerzeugungseinrichtung (4, 4') erfassende, steuernde und überwachende Meß- und Steuereinrichtung vorgesehen ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch **gekennzeichnet**,

daß eine CNC-Steuerung vorgesehen ist und daß die Meß- und Steuereinrichtung in die CNC-Steuerung integriert ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Strahlerzeugungseinrichtung (4, 4') ein Laser- oder ein Plasmastrahlerzeuger ist.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Strahlerzeugungseinrichtung (4, 4') eine Wasserschneidstrahl-Einrichtung ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch **gekennzeichnet**,

daß eine Vorwärmanrichtung, insbesondere eine Induktionsanlage, zum Aufwärmen der Ronde (5) vorgesehen ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch **gekennzeichnet**,

daß ein Laserstrahlerzeuger einen oder mehrere Laserstrahlen erzeugt, die über Leiteinrichtungen an unterschiedliche Einsatzstellen leitbar sind.

#### Claims

1. Method for cleaving a circular metal blank (5), in which a cleaving and a mechanical enlarging of the gap (51) takes place from the circumference (50) of the blank (5) towards the inside, characterized in that at least the area of the gap base (52) is locally subject to the action of an energy beam (40) for heating and/or cleaving.
2. Method according to claim 1, characterized in that the energy beam (40) is a laser or plasma beam.
3. Method according to claim 1 or 2, characterized in that the cleaving takes place from the circumference (50) of the circular metal blank (5) towards the inside, accompanied by constantly increasing deepening and enlarging of the gap (51) and that in combination and simultaneously by means of a thermally acting laser radiation, the blank (5) is locally heated and mechanically split and/or enlarged in the gap area.
4. Method according to one of the claims 1 to 3, characterized in that the heating of the circular metal blank (5) in the gap area takes place through the energy beam (40) up to the softening of the metal and that in the softened state the blank (5) is cleaved and enlarged by a cleaving roll (3).
5. Method according to one of the claims 1 to 3, characterized in that the heating of the circular metal blank (5) in the gap area through the energy beam (40) takes place up to the liquefaction or vaporization of the metal and consequently through the energy beam (40) the gap (51) is directly produced and that the gap (51) is enlarged by an enlarging roll (3).
6. Method according to one of the claims 1 to 5, characterized in that at least the heated area on the circular metal blank (5) is subject to the action of inert gas.
7. Method according to one of the claims 1 and 4 to 6, characterized in that the energy beam (40) is a water cutting jet.
8. Method according to one of the preceding claims, characterized in that use is made of a convergent,

focussed energy beam (40), the energy beam (40) or the focussing of the energy beam (40) being so tracked that the focus (40') is always located on the base (52) of the gap (51) and in which the gap (51) is so constantly enlarged that the focussed beam (40) passes in shading-free manner to the base (52) of the gap (51).

9. Method according to one of the preceding claims, characterized in that, considered in the circumferential direction of the circular metal blank (5), the energy beam (40) strikes said blank (5) with an angularly spacing between 10 and 90° in front of the cleaving or enlarging roll (3).
10. Method according to one of the preceding claims, characterized in that, during cleaving, the energy beam (40) strikes the circular metal blank (5) substantially in the radial direction.
11. Method according to one of the claims 1 to 9, characterized in that, during cleaving, the energy beam (40) strikes the circular metal blank (5) substantially in the tangential direction.
12. Method according to one of the claims 1 to 9, characterized in that, during cleaving, the energy beam (40) strikes the circular metal blank (5) under a variable angle.
13. Method according to one of the preceding claims, characterized in that use is made of an energy beam (40) with an oval or rectangular beam cross-section and a corresponding oval or rectangular focus (40'), the longer axis of the oval or rectangle being in the longitudinal direction of the gap (51).
14. Method according to one of the preceding claims, characterized in that to the circular metal blank (5), particularly in the area of the gap base (52), a coating is applied, e.g. of graphite for reducing reflection.
15. Apparatus for cleaving a circular metal blank (5), particularly for performing the method according to one of the claims 1 to 13, with a spinning lathe, which has at least one rotatable spindle (2) with a chuck (21) for receiving the circular metal blank (5) and at least one cleaving and/or enlarging roll (3) infeedable at least in the radial direction of the blank (5), characterized in that there is at least one device (4, 4') for generating a focussable energy beam, which locally acts on at least the area of the gap base (52) for heating and/or cleaving.
16. Apparatus according to claim 15, characterized in that the cleaving and/or enlarging roll (3) and the beam generator (4, 4') are located on a common

support (33).

17. Apparatus according to claim 16, characterized in that the beam generator (4, 4') is movable relative to the cleaving and/or enlarging roll (3) along an axis running in the longitudinal direction of the beam (40) generatable by it.
18. Apparatus according to claim 15, characterized in that the cleaving and/or enlarging roll (3) and the beam generator (4, 4') are arranged on a separate support in each case and are movable independently of one another.
19. Apparatus according to one of the claims 15 to 18, characterized in that a measuring and control device operating in contact-free manner is provided, which determines the temperature of the area of the circular metal blank (5) encountered by the energy beam (40), as well as determining, controlling and monitoring the power and/or focussing and/or positioning of the beam generator (4, 4').
20. Apparatus according to one of the claims 15 to 19, characterized in that a CNC control is provided and that the measuring and control device is integrated into the CNC control.
21. Apparatus according to one of the claims 15 to 20, characterized in that the beam generator (4, 4') is a laser or plasma beam generator.
22. Apparatus according to one of the claims 15 to 20, characterized in that the beam generator (4, 4') is a water cutting jet device.
23. Apparatus according to one of the claims 15 to 22, characterized in that a preheating device, particularly an induction system, is provided for heating the circular metal blank (5).
24. Apparatus according to claim 21, characterized in that a laser beam generator generates one or more laser beams, which can be guided by guides to different use points.

#### Revendications

1. Procédé pour fendre un rond (5) en métal, dans lequel s'effectuent, du pourtour (50) du rond (5) en direction de l'intérieur, un fendage et un écartement mécanique de la fente (51), *caractérisé en ce que* la zone du fond (52) de la fente est exposée localement à un jet énergétique (40) pour réchauffer et/ou fendre.
2. Procédé selon la Revendication 1, *caractérisé en ce que* le jet énergétique (40) est un jet laser ou de



plasma.

3. Procédé selon la Revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le fendage s'effectue depuis le pourtour (50) du rond (5) en direction de l'intérieur avec un approfondissement et un écartement croissants de la fente (51) et **en ce que**, d'une manière combinée et simultanée, au moyen d'un rayonnement laser actif thermiquement, le rond (5) est réchauffé localement dans la zone de fendage et fendu et/ou écarté mécaniquement. 5
4. Procédé selon l'une quelconque des Revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le réchauffement du rond (5) dans la zone de fendage est effectué par le jet énergétique (40) jusqu'au ramollissement du métal et **en ce que** le rond (5) est fendu et écarté à l'état ramolli par une roulette de fendage (3). 10
5. Procédé selon l'une quelconque des Revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le réchauffement du rond (5) dans la zone de fendage est effectué par le jet énergétique (40) jusqu'à la liquéfaction ou l'évaporation du métal et la fente (51) est ainsi produite directement par le jet énergétique (40), **et en ce que** la fente (51) est écartée par une roulette d'écartement (3). 15
6. Procédé selon l'une quelconque des Revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**au moins la zone réchauffée du rond (5) est exposée à un gaz protecteur. 20
7. Procédé selon l'une quelconque des Revendications 1 et 4 à 6, **caractérisé en ce que** le jet énergétique (40) est un jet d'eau de découpage. 25
8. Procédé selon l'une quelconque des Revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un jet énergétique focalisé convergent (40) est employé, le jet énergétique (40) ou la focalisation du jet énergétique (40) étant réalisé(e) de telle manière que le foyer (40') se trouve toujours sur le fond (50) de la fente (51), et la fente (51) étant toujours écartée de telle manière que le jet laser focalisé (40) parvient sans effet d'ombre jusqu'au fond (52) de la fente (51). 30
9. Procédé selon l'une quelconque des Revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, en regardant dans la direction périphérique du rond (5), le jet énergétique (40) arrive sur le rond (5) avec une distance angulaire comprise entre 10 et 90 degrés avant la roulette de fendage ou d'écartement (3). 35
10. Procédé selon l'une quelconque des Revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, pendant le fendage, le jet énergétique (40) arrive sur le rond (5) sensiblement dans la direction radiale de celui-ci. 40
11. Procédé selon l'une quelconque des Revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que**, pendant le fendage, le jet énergétique (40) arrive sur le rond (5) sensiblement dans la direction tangentielle de celui-ci. 45
12. Procédé selon l'une quelconque des Revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que**, pendant le fendage, le jet énergétique (40) arrive sur le rond (5) suivant un angle variable. 50
13. Procédé selon l'une quelconque des Revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**on utilise un jet énergétique (40) de section de jet ovale ou rectangulaire et un foyer correspondant ovale ou rectangulaire (40'), le grand axe de l'ovale ou du rectangle s'étendant dans la direction longitudinale de la fente (51). 55
14. Procédé selon l'une quelconque des Revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sur le rond (5), notamment dans la zone du fond (52) de la fente, est appliqué un revêtement destiné à réduire les réflexions, par exemple du graphite.
15. Dispositif pour fendre un rond (5) en métal, en particulier pour appliquer le procédé selon l'une quelconque des Revendications 1 à 13, avec une machine à repousser qui comprend au moins une broche (2) pouvant être entraînée en rotation avec un mandrin (21) destiné à recevoir le rond (5) et au moins une roulette de fendage et/ou d'écartement (3) réglable au moins dans la direction radiale du rond (5), **caractérisé en ce qu'**il est prévu au moins un dispositif (4, 4') pour produire un jet énergétique focalisable, qui expose localement au moins la zone du fond (52) de la fente pour la réchauffer et/ou la fendre.
16. Dispositif selon la Revendication 15, **caractérisé en ce que** la roulette de fendage et/ou d'écartement (3) et le dispositif (4, 4') de production de jet sont placés sur un support commun (33).
17. Dispositif selon la Revendication 16, **caractérisé en ce que** le dispositif (4, 4') de production de jet est mobile relativement à la roulette de fendage et/ou d'écartement (3) le long d'un axe s'étendant dans la direction longitudinale du jet (40) produit par lui.
18. Dispositif selon la Revendication 15, **caractérisé en ce que** la roulette de fendage et/ou d'écarte-

ment (3) et le dispositif de production de jet (4, 4') sont placés chacun sur son propre support (33, 43) et sont mobiles indépendamment l'un de l'autre.

19. Dispositif selon l'une quelconque des Revendications 15 à 18, *caractérisé en ce qu'il est prévu un dispositif de mesure et de commande travaillant sans contact, mesurant la température de la zone du rond (5) touchée par le jet énergétique (40) et mesurant, commandant et surveillant la puissance et/ou la focalisation et/ou le positionnement du dispositif (4, 4') de production de jet.* 5  
10
20. Dispositif selon l'une quelconque des Revendications 15 à 19, *caractérisé en ce qu'il est prévu une commande numérique et en ce que le dispositif de mesure et de commande est intégré à la commande numérique.* 15
21. Dispositif selon l'une quelconque des Revendications 15 à 20, *caractérisé en ce que le dispositif (4, 4') de production de jet est un dispositif de production de jet laser ou de plasma.* 20
22. Dispositif selon l'une quelconque des Revendications 15 à 20, *caractérisé en ce que le dispositif (4, 4') de production de jet est un dispositif de production d'un jet d'eau de découpage.* 25
23. Dispositif selon l'une quelconque des Revendications 15 à 22, *caractérisé en ce qu'il est prévu un dispositif de préchauffage, en particulier une installation à induction, afin de chauffer le rond (5).* 30
24. Dispositif selon la Revendication 21, *caractérisé en ce qu'un dispositif de production de jet laser produit un ou plusieurs jets laser, qui peuvent être envoyés sur divers points d'activité par l'intermédiaire de dispositifs de transmission.* 35

40

45

50

55

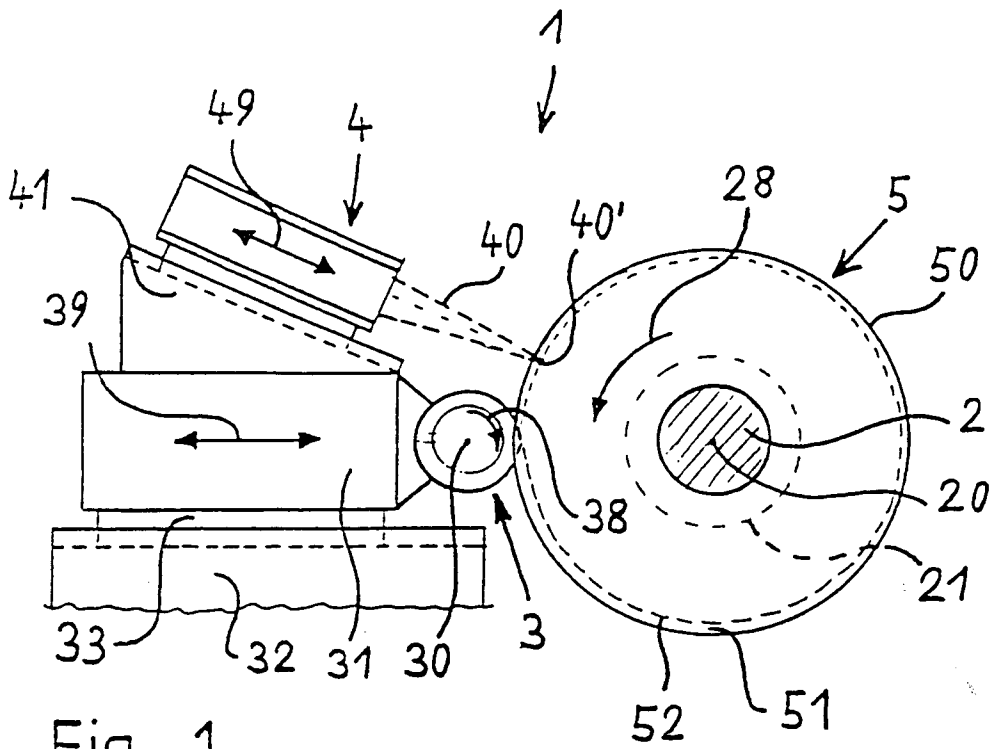


Fig. 1

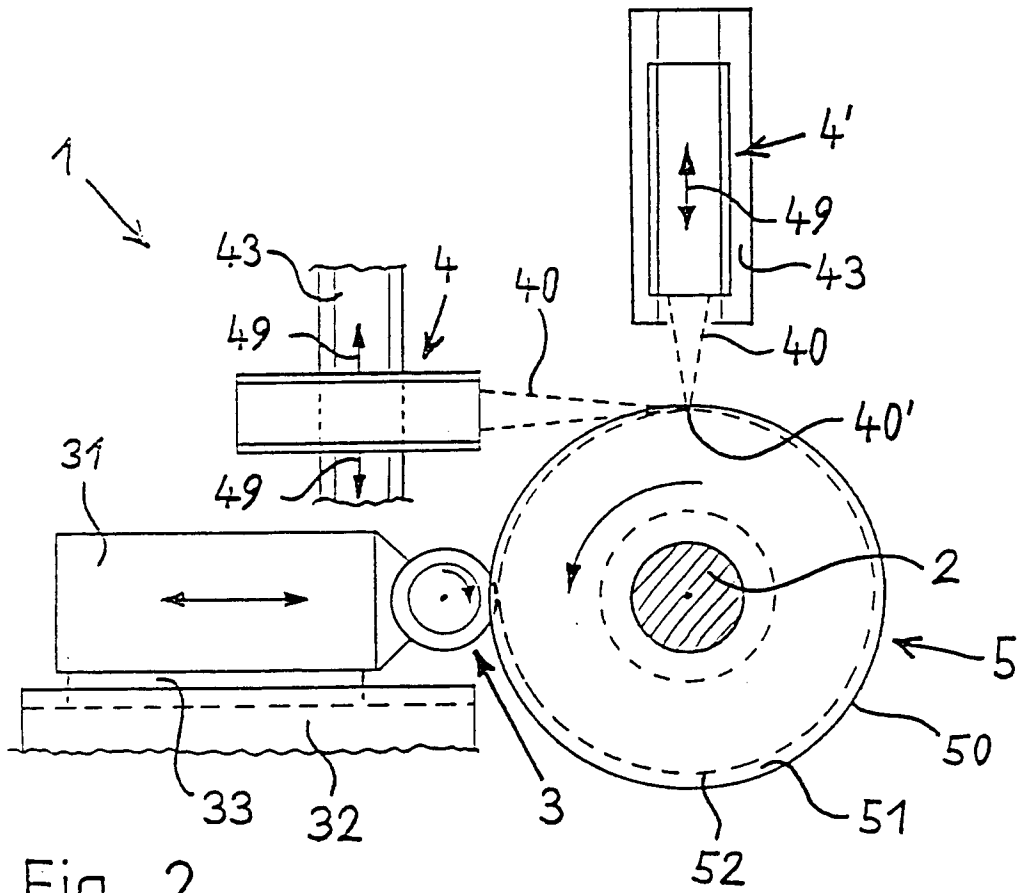


Fig. 2