



(11)

EP 2 683 553 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
06.04.2016 Patentblatt 2016/14

(51) Int Cl.:
B41C 1/05 (2006.01) **B41N 3/00** (2006.01)
B41C 1/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12710024.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2012/000740

(22) Anmeldetag: **21.02.2012**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/119704 (13.09.2012 Gazette 2012/37)

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEARBEITUNG EINES ZYLINDERS, INSBESONDERE EINES DRUCK- ODER PRÄGEZYLINDERS

PROCESS AND DEVICE FOR MACHINING A CYLINDER, IN PARTICULAR AN IMPRESSION OR EMBOSSING CYLINDER

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'USINAGE D'UN CYLINDRE, EN PARTICULIER D'UN CYLINDRE D'IMPRESSION OU D'ESTAMPAGE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **09.03.2011 DE 102011013412**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.01.2014 Patentblatt 2014/03

(73) Patentinhaber: **HELL Gravure Systems GmbH & Co. KG**
24148 Kiel (DE)

(72) Erfinder: **POHÉ, Jörg**
24649 Fuhlendorf (DE)

(74) Vertreter: **Thomas, Götz**
Breitenburgerstrasse 31
25524 Itzehoe (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 593 493 US-A- 5 652 804

EP 2 683 553 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung eines Zylinders, insbesondere eines Druck- oder Prägezyinders.

[0002] Wenn Druckzylinder oder Prägezylinder durch Direktgravur mittels eines Laserstrahls bearbeitet werden, um an der Zylinderoberfläche eine zum Drucken bzw. Prägen benötigte unebene Oberflächenstruktur zu erzeugen, verdampft am Auftreffpunkt des Laserstrahls durch dessen thermische Energie ein an die Zylinderoberfläche angrenzender Teil des Materials des Zylinders. Dies gestattet es, in der Zylinderoberfläche kraterförmige Vertiefungen auszuheben, die zu rinnenförmigen Vertiefungen verlängert werden können, wenn der Laserstrahl entlang einer Spur über die Zylinderoberfläche bewegt wird. Größere Vertiefungen können ausgehoben werden, indem der Laserstrahl entlang von mehreren nebeneinander liegenden parallelen Spuren über die Zylinderoberfläche bewegt wird. Zu diesem Zweck wird der Zylinder mit hoher Geschwindigkeit in Drehung versetzt, während der Laserstrahl aus einem in axialer Richtung des Zylinders bewegten Laserbearbeitungsorgan, das auch als Laserbearbeitungskopf bezeichnet wird, auf den Zylinder gerichtet wird, so dass der Laserstrahl entlang von nebeneinander liegenden schraubenförmigen Spuren auf die Zylinderoberfläche auftrifft.

[0003] Bei der Lasergravur von Tiefdruckzylindern, bei der das an die Zylinderoberfläche angrenzende Material aus Kupfer besteht, werden üblicherweise Näpfchen in die Zylinderoberfläche graviert, deren seitliche Abmessungen je nach Druckdichte zwischen 20 und 240 μm betragen, während ihre Tiefe bis etwa 35 μm beträgt. Um die Bildschärfe des zu druckenden Bildes zu verbessern und Halbtonverläufe besser wiederzugeben, wurde in der EP 1 568 490 B1 der Anmelderin bereits vorgeschlagen, die Näpfchen aus einer vorbestimmten Anzahl von einzeln gravierten Bildpunkten aufzubauen. Zur Gravur dieser Bildpunkte wird der Laserstrahl entlang von nebeneinander liegenden Spuren mit einer Breite von etwa 20 bis 30 μm über die Zylinderoberfläche bewegt und dabei seine Intensität mit einem im Strahlengang befindlichen Modulator moduliert, um die Tiefe und die Länge der Spuren so zu steuern, dass sich theoretisch die gewünschte Näpfchenform und das gewünschte Näpfchenvolumen ergibt.

[0004] Allerdings tritt vor allem bei der Lasergravur von Kupfer oder anderen Metallen an der Oberfläche von Tiefdruckzylindern das Problem auf, dass das Metall nicht immer vollständig verdampft, sondern zum Teil nur schmilzt, wobei die entstehende Schmelze durch die Volumenausdehnung des verdampfenden Metalls in Form von kleinen Metalltröpfchen aus den Näpfchen ausgeworfen wird. Zwar wird dieser Schmelzauswurf abgesaugt, jedoch gelingt dies meist nicht vollständig, so dass sich ein Teil des flüssigen Metalls zusammen mit anderen Verunreinigungen, wie Schmauch aus Metalloxiden, als Abraum innerhalb eines gerade ausgehobenen Näpf-

chens, auf dem Rand dieses Näpfchens oder in einem zuvor ausgehobenen benachbarten Näpfchen niederschlägt oder ablagert. Während der Abraum im Inneren von Näpfchen dazu führt, dass geometrische Näpfchenparameter, vor allem die Näpfchentiefe aber auch Querschnittsabmessungen innerhalb der Näpfchen, nicht dem gewünschten Sollwert entsprechen, hat der Abraum auf dem Rand der Näpfchen zur Folge, dass beim Drucken die Rakel auf einer unebenen Zylinderoberfläche aufliegt und überschüssige Druckfarbe nicht sauber abgestreift werden kann.

[0005] Ähnliche Probleme können jedoch auch bei der Gravur von metallischen Prägezylindern oder von Druckzylindern für den Flexodruck auftreten.

[0006] Aus der US-A-5 652 804 sind bereits ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Tiefdruckzylindern bekannt, wo mit einem Gravierstichel oder mit einem Laserstrahl Näpfchen in der Oberfläche des Tiefdruckzylinders ausgehoben werden. Zur Ermittlung von fehlerhaften Näpfchen ist dort eine Bildverarbeitungseinrichtung vorgesehen, die ein Bild der zuvor gravierten Näpfchen aufnimmt und auswertet, um aus dem Umriss der Näpfchen deren Tiefe zu berechnen. Die berechnete Näpfchentiefe wird dann mit einem aus den Bild- oder Gravurdaten abgeleiteten Sollwert der Näpfchentiefe verglichen. Bei einer Abweichung, zum Beispiel wenn die Näpfchentiefe flacher ist als sie sein sollte, können Korrekturinformationen zu einer Gravierstichel- oder Laserkopf-Steuerung rückgekoppelt werden, um nachfolgend gravierte Näpfchen mit einer korrigierten Näpfchentiefe auszuheben. Dies bedeutet jedoch, dass zumindest bei den unmittelbar vor der Korrektur gravierten Näpfchen die Näpfchentiefe nicht dem Sollwert entspricht, so dass diese Näpfchen ggf. später nicht das gewünschte Druckbild liefern. Darüber hinaus funktioniert das aus der US-A-5 652 804 bekannte Verfahren nur, wenn es sich bei dem Fehler um einen Fehler handelt, der bei den vermessenen Näpfchen und bei den nachfolgend gravierten Näpfchen identisch auftritt, wie beispielsweise ein durch Abnutzung eines Gravierstichels verursachter Fehler. Das Verfahren funktioniert jedoch nicht, wenn die Fehler in unterschiedlichen Näpfchen unterschiedlich sind, wie zum Beispiel Fehler, die durch Schmelzauswurf aus benachbarten Näpfchen verursacht werden, da dessen Menge oder Verteilung unter anderem von der Anzahl, der Tiefe und/oder den Abmessungen der Nachbarnäpfchen bzw. von dem jeweiligen Abstand zu den Nachbarnäpfchen abhängt.

[0007] Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, bekannte Verfahren und Vorrichtungen dahingehend zu verbessern, dass sich auch unregelmäßig auftretende Abweichungen korrigieren lassen.

[0008] Diese Aufgabe wird bei dem Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei der Korrektur diejenigen Strukturelemente mit dem Laserstrahl nachbearbeitet werden, bei denen die Abweichung des Messwerts vom Sollwert in einer Richtung ein vorbestimmtes Maß übersteigt. Hingegen ist die Vorrichtung erfindungs-

gemäß dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung den Schlitten und den Laser steuert, um Strukturelemente, bei denen der Messwert vom Sollwert abweicht, mit dem Laserstrahl nachzubearbeiten, wenn die Abweichung ein vorgegebenes Maß übersteigt.

[0009] Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, der Korrektur jedes zu korrigierenden Strukturelements das Maß zugrunde zu legen, um das der Messwert dieses Strukturelements vom Sollwert dieses Strukturelements abweicht. Mit anderen Worten wird durch eine Vermessung quantitativ festgestellt, bei welchen Strukturelementen der Messwert vom Sollwert abweicht und wie groß die Abweichung ist. Anschließend wird das Maß der Abweichung mit einem vorbestimmten Schwellenwert verglichen, um dann nur diejenigen Strukturelemente durch Nachbearbeitung mit dem Laserstrahl zu korrigieren, bei denen die Abweichung das vorbestimmte Maß bzw. den vorbestimmten Schwellenwert übersteigt. Durch den Begriff Nachbearbeitung wird zudem klar gestellt, dass bereits vor der Vermessung eines Teils des Zylinders eine Bearbeitung dieses Teils mit dem Laserstrahl stattgefunden hat. Da im Zuge einer Nachbearbeitung mit dem Laserstrahl ebenso wie bei der Bearbeitung mit dem Laserstrahl nur ein Materialabtrag möglich ist, jedoch kein Material hinzugefügt werden kann, lassen sich durch die Nachbearbeitung nur Abweichungen korrigieren, bei denen die Abweichung des Messwerts vom Sollwert einem Zuviel an Material entspricht. Strukturelemente der Struktur, bei denen keine oder nur eine geringe, unterhalb des vorbestimmten Maßes oder Schwellenwerts liegende Abweichung des Messwerts vom Sollwert festgestellt wird, werden keiner Korrektur unterzogen.

[0010] Wenn im Folgenden der Begriff Messwert verwendet wird, muss dies kein direkt gemessener Wert sein, sondern kann auch ein Wert sein, der aus einem direkt gemessenen Wert abgeleitet wird. Jedoch handelt es sich bei dem Messwert um einen quantitativen Messwert, der eine Aussage über das Maß der Abweichung vom Sollwert gestattet. Der Begriff Zylinder oder Zylinderoberfläche umfasst auch ein auf den Zylinder aufgespanntes Material bzw. dessen Oberfläche.

[0011] Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass nicht nur wie im Stand der Technik einzelne Strukturelemente der erzeugten Struktur vermessen werden, sondern sämtliche Strukturelemente, bei denen infolge einer Ablagerung von Abraum, wie Schmelzauswurf oder dergleichen, Abweichungen des Messwerts vom Sollwert auftreten können, die ein Zuviel an Material anzeigen. Der Messwert von sämtlichen vermessenen Strukturelementen wird mit dem entsprechenden Sollwert jedes Strukturelements verglichen und dann sämtliche Strukturelemente nachbearbeitet, bei denen die Abweichung das vorbestimmte Maß oder den vorbestimmten Schwellenwert übersteigt.

[0012] Bei der Nachbearbeitung eines Strukturelements wird mit dem Laserstrahl Material abgetragen, wobei der Abtrag durch eine entsprechende Modulation des

Laserstrahls so gesteuert wird, dass das Maß des Abtrags etwa dem Maß der Abweichung des Messwerts vom Sollwert entspricht. Aufgrund der individuellen Anpassung des Materialabtrags an die Abweichung wird in der Regel der Messwert nach der Nachbearbeitung ziemlich genau dem Sollwert entsprechen, zumal es bei der Nachbearbeitung sehr viel seltener als bei der erstmaligen Bearbeitung zu einer Ablagerung von Schmelzauswurf oder anderem Abraum kommen wird, da die gegenseitigen Abstände der nachbearbeiteten Näpfchen größer sind und insgesamt weniger Material abgetragen wird, wodurch eine bessere Verdampfung des Materials durch den Laserstrahl gewährleistet wird.

[0013] Um die für die Bearbeitung des Zylinders benötigte Gesamtzeit so gering wie möglich zu halten, sieht eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung vor, dass die Bearbeitung des Zylinders mit dem Laserstrahl und die Vermessung der dabei erzeugten Strukturen gleichzeitig erfolgen. Sofern die Bearbeitung und die Vermessung mit derselben Geschwindigkeit vorgenommen werden können, sind ein zur Abstrahlung des Laserstrahls dienendes Laserbearbeitungsorgan und ein zur Vermessung der Strukturen bzw. der einzelnen Strukturelemente dienender Sensor zweckmäßig auf einem gemeinsamen Schlitten oder Wagen montiert, der sich während der Drehung des Zylinders in axialer Richtung an diesem entlang bewegen lässt, so dass ein konstanter Abstand zwischen dem Laserbearbeitungsorgan und dem Sensor aufrechterhalten wird. Sofern eine Bearbeitung und Vermessung mit derselben Geschwindigkeit nicht möglich ist, ist der zur Vermessung dienende Sensor bevorzugt getrennt vom Laserbearbeitungsorgan auf einem separaten Schlitten oder Wagen angeordnet, der einen eigenen Antrieb besitzt und dem Schlitten oder Wagen mit dem Laserbearbeitungsorgan zweckmäßig in einem veränderlichen axialen Abstand folgt.

[0014] Um sicherzustellen, dass die Form der Strukturelemente nach deren Vermessung durch eine spätere Ablagerung von Abraum nicht mehr verändert wird, erfolgt die Vermessung der Strukturen vorteilhaft in Umfangsrichtung und/oder in axialer Richtung des Zylinders in einem ausreichenden Abstand von der Bearbeitung mit dem Laserstrahl. Grundsätzlich reicht bereits ein Abstand von wenigen Spuren in axialer Richtung des Zylinders oder ein Abstand von etwa 10 Grad in Umfangsrichtung des Zylinders aus, jedoch wird der Abstand bevorzugt etwas größer gewählt.

[0015] Zum Beispiel kann der Sensor auf der zum Laserbearbeitungsorgan entgegengesetzten Seite des Zylinders, d.h. in Umfangsrichtung im Winkelabstand von etwa 180 Grad vom Laserbearbeitungsorgan positioniert werden, weil an dieser Stelle eine Beeinflussung durch Schmelzauswurf von der Laserbearbeitung praktisch ausgeschlossen ist.

[0016] Da die an der Zylinderoberfläche erzeugte Struktur nicht nur die mit dem Laserstrahl ausgehobenen Vertiefungen sondern auch Bereiche zwischen oder ne-

ben den Vertiefungen umfasst, in denen es bei der Bearbeitung mit dem Laserstrahl ebenfalls zu einer Ablagerung von Schmelzauswurf oder anderem Abraum kommen kann, werden vorzugsweise nicht nur Strukturelemente innerhalb der Vertiefungen vermessen und mit dem Laserstrahl nachbearbeitet, wenn die Abweichung des Messwerts vom Sollwert das vorbestimmte Maß übersteigt, sondern auch mindestens ein Teil der zuvor nicht mit dem Laserstrahl bearbeiteten Bereiche der Zylinderoberfläche, wobei diese Bereiche mindestens an die Ränder der Vertiefungen angrenzende Flächen und insbesondere die Oberflächen von schmalen Stegen zwischen benachbarten Vertiefungen umfassen, auf denen es ebenfalls häufig zu einer Ablagerung von Abraum kommt. Derartige Stege sind vor allem Stege zwischen benachbarten Näpfchen von Tiefdruckzylindern, die beim Drucken als Auflage für eine Rakel dienen und daher keine durch Abraum verursachten Unebenheiten aufweisen sollten.

[0017] Bei dem bei der Vermessung ermittelten geometrischen Messwert handelt es sich vorteilhaft um den radialen Abstand zwischen der unbearbeiteten Zylinderoberfläche und der Oberfläche der Strukturelemente, wobei sich die Angabe radial auf den Zylinder bezieht. Auf diese Weise kann sowohl innerhalb der Vertiefungen abgelagerter Abraum erfasst werden, da dort der gemessene Abstand von der unbearbeiteten Zylinderoberfläche geringer ist als der Sollwert, als auch auf den Rändern von Vertiefungen abgelagerter Abraum, da dort der gemessene Abstand von der unbearbeiteten Zylinderoberfläche größer ist als der Sollwert, der in diesen Bereichen Null beträgt.

[0018] Die quantitative Ermittlung des zuvor genannten radialen Abstands zwischen der unbearbeiteten Zylinderoberfläche und der Oberfläche der Strukturelemente erfolgt vorzugsweise durch ein berührungsloses Messverfahren, zum Beispiel durch Laserabtastung oder durch ein konfokales oder chromatisch-konfokales Messverfahren, mit dem sich die Strukturelemente mit einer Genauigkeit von weniger als 3 µm und vorzugsweise von weniger als 1 µm erfassen lassen. Bei der Laserabtastung wird beispielsweise der Abstand zwischen einem Sensor und der Oberfläche der Strukturelemente gemessen und nach einer Subtraktion des Abstands zwischen dem Sensor und der unbearbeiteten Zylinderoberfläche mit dem Sollwert der Strukturelemente verglichen, d.h. zum Beispiel der gewünschten Tiefe eines Bildpunkts innerhalb eines Näpfchens.

[0019] Durch die quantitative Vermessung der Strukturelemente und die folgende Nachbearbeitung mit dem Laserstrahl lassen sich nicht nur Ablagerung von Schmelzauswurf oder anderem Abraum beseitigen, sondern auch alle anderen Abweichungen, bei denen an einzelnen oder ggf. auch an sämtlichen Strukturelementen ein Zuviel an Material vorhanden ist. Derartige Abweichungen können zum Beispiel durch eine Abnahme der Intensität des Laserstrahls bei der Bearbeitung infolge der Verdampfung von Material verursacht werden, da

der Laserstrahl durch das verdampfte Material zum Teil gestreut und damit in seiner Intensität geschwächt werden kann.

[0020] Um nach einer Nachbearbeitung von Strukturelementen sicher zu stellen, dass bei den nachbearbeiteten Strukturelementen der Sollwert eingehalten wird, kann es von Vorteil sein, die nachbearbeiteten Strukturelemente erneut zu vermessen, um sie ggf. noch einmal nachzubearbeiten, wenn die Abweichung des bei der erneuten Vermessung ermittelten Messwerts vom Sollwert noch immer das vorgegebene Maß übersteigt. Auch eine mehrfache Vermessung und Nachbearbeitung ist je nach Qualitätsanforderung denkbar.

[0021] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Graviermaschine,

Fig. 2 eine schematische Querschnittsansicht der Graviermaschine;

Fig. 3 eine Oberseitenansicht einer in die Zylinderoberfläche gravierten rillenförmigen Vertiefung;

Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Vertiefung;

Fig. 5 eine schematische Oberseitenansicht von mehreren in die Oberfläche des Tiefdruckzylinders gravierten Näpfchen;

Fig. 6 eine vergrößerte Oberseitenansicht von einigen in die Oberfläche des Tiefdruckzylinders gravierten Näpfchen vor einer Nachbearbeitung mit dem Laserstrahl;

Fig. 7 eine Oberseitenansicht der in die Oberfläche des Tiefdruckzylinders gravierten Näpfchen nach einer Nachbearbeitung mit dem Laserstrahl;

Fig. 8 eine vergrößerte Schnittansicht entlang eines Teils der Zylinderoberfläche durch zwei Näpfchen.

Fig. 9 eine vergrößerte Schnittansicht entsprechend Fig. 8 nach einer Nachbearbeitung mit dem Laserstrahl;

Fig. 10 eine schematische Querschnittsansicht von Teilen einer modifizierten Graviermaschine.

[0022] Die in der Zeichnung schematisch dargestellte Graviermaschine 10 dient zum Beispiel zur Gravur von Tiefdruckzylindern 12, die einzeln in der Graviermaschine 10 eingespannt und von einem Drehantrieb (nicht dargestellt) mit hoher Drehgeschwindigkeit um ihre Längsmittelachse 14 in Drehung versetzt werden können. Die Gravur eines in die Maschine 10 eingespannten und in

Drehung versetzten Tiefdruckzylinders 12 erfolgt mit Hilfe eines Laserstrahls 16, der von einem Laserbearbeitungsorgan 18 aus auf die Oberfläche 20 des Tiefdruckzylinders 12 gerichtet wird, um in der Zylinderoberfläche 20 an den gewünschten Stellen Vertiefungen in Form von Näpfchen 22 auszuheben, die später zur Aufnahme von Druckfarbe dienen.

[0023] Die Graviermaschine 10 umfasst neben dem Drehantrieb zwei Halterungen 24 zum Einspannen des Tiefdruckzylinders 12, einen Gravierwagen 26, der von einem Gravierwagenantrieb (nicht dargestellt) mittels einer Spindel 28 in axialer Richtung des Druckzylinders 12 an diesem entlang bewegt werden kann und das Laserbearbeitungsorgan 18 trägt, sowie ein Steuerpult 30, das auf Führungen 32 in axialer Richtung entlang des Zylinders 12 beweglich ist.

[0024] Wie in Fig. 2 dargestellt, ist das Laserbearbeitungsorgan 18 durch eine optische Faser 32 mit einem Fiberlaser 34 verbunden, der sich zusammen mit seiner Pumpquelle 36 und einem Kühlkörper 38 zum Kühlen der Pumpquelle 36 in einem stationären Unterteil 40 der Graviermaschine 10 befindet, das weiter ein Kühlsystem 39 zum Kühlen des Kühlkörpers 38, eine Maschinensteuereinheit 42 zur Steuerung des Drehantriebs und des Gravierwagenantriebs sowie eine Lasersteuereinheit 44 enthält. Der von dem Fiberlaser 34 erzeugte Laserstrahl wird durch die optische Faser 32 in das gasdicht verschlossene röhrenförmige Laserbearbeitungsorgan 18 eingespeist, das im Inneren unter anderem einen von der Lasersteuereinheit 44 gesteuerten akustooptischen Modulator (nicht dargestellt) zur Ablenkung und zur Intensitätsmodulation des Laserstrahls sowie Optikelemente (nicht dargestellt) zur Fokussierung des Laserstrahls in einem Bearbeitungsfleck 46 auf der Zylinderoberfläche 20 umfasst. Eine solche Graviermaschine 10 ist ausführlich in der WO 00/13839 der Anmelderin beschrieben.

[0025] Anders als die Graviermaschine 10 aus der WO 00/13839 ist bei der Graviermaschine 10 in Fig. 1 noch ein Messkopf 48 auf dem Gravierwagen 26 montiert. Im Messkopf 48 ist ein berührungslos arbeitender Laser-Weg-Sensor oder Laser-Abstandsmesser (nicht dargestellt) montiert, mit dem sich der Abstand zwischen dem Sensor und einem dem Sensor gegenüberliegenden Punkt auf der Zylinderoberfläche 20 mit einer Genauigkeit von etwa 1 μm messen lässt.

[0026] Wenn im Betrieb der Graviermaschine 10 der Laserstrahl 16 aus dem Laserbearbeitungsorgan 18 mit hoher Energie auf die Oberfläche 20 des Tiefdruckzylinders 12 auftrifft, während der Tiefdruckzylinder 12 in Bezug zu dem Laserbearbeitungsorgan 18 um seine Längsmittelachse 14 gedreht wird, wird an der Zylinderoberfläche 20 ein Teil des bei Tiefdruckzylindern 12 gewöhnlich aus Kupfer bestehenden Materials angrenzend an die Zylinderoberfläche 20 verdampft. Dabei entsteht entlang des Bewegungswegs des Bearbeitungsflecks 46 auf der Oberfläche 20 eine rillenförmige Vertiefung 50, die einen allgemein V-förmigen Querschnitt besitzt, wie am besten

in Fig. 5 dargestellt.

[0027] Wie man aus Fig. 5 sieht, weist die Vertiefung 50 schräge seitliche Begrenzungswände 52 auf, die jedoch keine glatte Oberfläche besitzen, sondern ebenso wie die an die oberen Ränder 54 der Begrenzungswände 52 angrenzenden Bereiche der Zylinderoberfläche 20 sehr uneben sind. Diese Unebenheiten bestehen zu einem großen Teil aus Abraum 56, der sich entlang der Ränder 54 der Vertiefung 50 auf der Zylinderoberfläche 20 und innerhalb der Vertiefung 50 auf deren Begrenzungswänden 52 abgelagert hat. Die Ablagerung des Abraums 56 wird hauptsächlich dadurch verursacht, dass das Zylindermaterial entlang des Bewegungswegs des Bearbeitungsflecks 46 nicht vollständig verdampft, sondern zu einem Teil nur geschmolzen wird. Aufgrund der Volumenausdehnung des verdampfenden Materials wird ein Teil der Schmelze in Form von kleinen Tröpfchen aus der Vertiefung 50 ausgeworfen und setzt sich entlang von deren Rändern 54 auf der Zylinderoberfläche 20 ab, wo die Tröpfchen erkalten und festbacken. Ein anderer Teil des geschmolzenen Materials wird entweder gar nicht erst aus der Vertiefung 50 ausgeworfen oder gelangt nach dem Auswurf wieder in die Vertiefung 50 zurück, wo sich der Abraum 56 vor allem auf den Begrenzungswänden 52 absetzt oder niederschlägt. Der abgelagerte Abraum 56 kann neben Schmelzauswurf noch andere Verunreinigungen enthalten, wie Verbrennungsprodukte oder dergleichen.

[0028] Zwar weist die Graviermaschine 10 eine Absaugeinrichtung (nicht dargestellt) auf, um den Schmelzauswurf abzusaugen, bevor er sich auf der Zylinderoberfläche 20 absetzen kann, jedoch gelingt dies nur unvollständig.

[0029] Wie am besten in Fig. 5 dargestellt, weisen in die Oberfläche 20 des Tiefdruckzylinders 12 gravierten Näpfchen 22 einen allgemein rautenförmigen Umriss auf, wobei sie je nach Druckdichte einer Druckvorlage seitliche Abmessungen zwischen 20 und 100 μm besitzen, während ihre Tiefe bis etwa 35 μm beträgt. Bei Graviermaschinen 10 mit einem Fiberlaser 34 weist der aus dem Laserbearbeitungsorgan 18 austretende, auf die Zylinderoberfläche 20 fokussierte Laserstrahl 16 einen Strahldurchmesser von etwa 10 μm auf. Der Laserstrahl 16 hat eine Intensität von etwa 600 MW/cm², was bei einer Einwirkzeit von etwa 1 μs ausreicht, um innerhalb des Bearbeitungsflecks 46 von etwa 20 μm Durchmesser so viel Kupfer zu verdampfen, dass in der Zylinderoberfläche 20 eine kraterförmige Vertiefung mit einer Tiefe von bis zu 35 μm ausgehoben werden kann. Da der Durchmesser des Laserstrahls 16 bzw. der Fleckdurchmesser des Bearbeitungsflecks 46 erheblich kleiner sind als die Abmessungen der Näpfchen 22, können diese letzteren jeweils aus einer Mehrzahl von einzeln gravierten Bildpunkten mit variabler Tiefe gebildet oder zusammengesetzt werden, wie es in der EP 1 568 490 A1 der Anmelderin beschrieben ist.

[0030] Wie am besten in Fig. 5 dargestellt, werden die aus einer Mehrzahl von Bildpunkten gebildeten Näpf-

chen 22 jeweils spurweise graviert, indem entlang von unmittelbar nebeneinander liegenden Spuren 60 mehrere parallele rillenförmige Vertiefungen 50 ausgehoben werden, die sich mit benachbarten Vertiefungen 50 etwas überlappen, so dass zwischen diesen nur niedrige Grate am Boden der Näpfchen 22 stehen bleiben. Jede der rillenförmigen Vertiefungen 55 wird von einer Mehrzahl von kraterförmigen Vertiefungen gebildet, die jeweils einem Bildpunkt entsprechen. Die entlang jeder Spur 60 angeordneten kraterförmigen Vertiefungen überlappen sich in Längsrichtung der Spur 60, so dass sie gemeinsam eine durchgehende Vertiefung 60 bilden, in der zwischen benachbarten Bildpunkten nur niedrige Grate am Boden der Näpfchen 22 stehen bleiben. Die einzelnen Bildpunkte können mit unterschiedlichen Tiefen graviert werden, indem die Intensität des Laserstrahls durch eine Intensitätsmodulation mittels des akustooptischen Modulators des Laserbearbeitungsorgans 18 von Bildpunkt zu Bildpunkt verändert wird, so dass man jedem Bildpunkt unabhängig von der Tiefe benachbarter Bildpunkte eine gewünschte Tiefe verleihen kann. Die Länge der Vertiefungen 50 kann gesteuert werden, indem der Laserstrahl mittels des als Ablenker dienenden akustooptischen Modulators auf die Zylinderoberfläche 20 gelenkt oder von dieser weg abgelenkt wird, je nachdem ob dort eine Vertiefung graviert werden soll, oder nicht. Durch eine abgestufte Länge der nebeneinander liegenden Vertiefungen 50 erhalten die Näpfchen 22 den gewünschten allgemein rautenförmigen Umriss.

[0031] Zur Gravur des Tiefdruckzylinders 12 wird eine Druckvorlage durch Rastern in einzelne Rastermaschen unterteilt, in denen jeweils eines der Näpfchen 22 angeordnet ist. In einem Rechner werden jedem Näpfchen 22 vorbestimmte Abmessungen zugeordnet, die dem Tonwert der Druckvorlage an der Stelle der Rastermasche mit dem Näpfchen 22 entsprechen. Weiter wird je nach Größe des Näpfchens 22 die Tiefe der einzelnen Bildpunkte festgelegt, aus denen das Näpfchen 22 gebildet wird. Um jeden der Bildpunkte innerhalb des Näpfchens 22 mit der gewünschten Tiefe zu gravieren, wird der im Laserbearbeitungsorgan 16 enthaltene akustooptische Modulator von der Lasersteuerung 44 auf der Grundlage der aus der Druckvorlage abgeleiteten Gravurdaten so gesteuert, dass die Intensität des Laserstrahls 16 entsprechend der gewünschten Graviertiefe verändert wird.

[0032] Bei der Gravur der Näpfchen 22 mit dem Laserstrahl 16 kommt es ebenfalls zu einer Ablagerung von Abraum 56, wie zuvor mit Bezugnahme auf Fig. 3 und 4 beschrieben. Der Abraum 56 der sich zum Teil innerhalb der Näpfchen 22 und zum Teil auf den Stegen 62 zwischen benachbarten Näpfchen 22 findet, wie am besten in Fig. 6 und 8 dargestellt. Ein Teil des Abraums 56 innerhalb der Näpfchen 22 wird hier von Schmelzauswurf gebildet, der beim Ausheben benachbarter Näpfchen 22 bzw. beim Ausheben einer benachbarten rillenförmigen Vertiefung 50 innerhalb desselben Näpfchens 22 erzeugt wird. Je nach Größe und Abstand der benachbarten Näpfchen 22 kann sich daher nicht nur die Menge des

abgelagerten Abraums 56 von Näpfchen 22 zu Näpfchen 22 stark verändern, sondern auch die Verteilung des Abraums 56 innerhalb des Näpfchens 22 oder auf den Stegen 62.

[0033] Während größere Mengen Abraum 56 im Inneren von Näpfchen 22 dazu führen, dass geometrische Näpfchenparameter, vor allem die Tiefe aber auch die Querschnittsabmessungen der Näpfchen 22 nicht dem gewünschten Sollwert entsprechen, habe größere Mengen Abraum 56 auf den Stegen 62 zwischen den Näpfchen 22 zur Folge, dass dort beim Drucken die Rakel auf einer unebenen Oberfläche aufliegt und daher überschüssige Druckfarbe nicht sauber abgestreift werden kann. Daher sind größere Ablagerungen von Abraum 56 sowohl innerhalb und außerhalb der Näpfchen 22 unerwünscht. Im Falle eines mit einem Laserstrahl 16 bearbeiteten Tiefdruckzylinders 12 mit einer Oberfläche 20 aus Kupfer haben Messungen ergeben, dass besonders der Abraum 56 störend wirkt, dessen größte Abmessungen mehr als etwa 8 bis 10 μm betragen. Jedoch können unter ungünstigen Umständen auch bereits Abraumablagerungen mit einer Größe von etwa 5 μm Störungen verursachen.

[0034] Um derartige größere Ablagerungen von Abraum 56 aufzufinden und dann zu beseitigen, wird zuerst die bei der Lasergravur vom Laserstrahl 16 erzeugte dreidimensionale geometrische Struktur der Zylinderoberfläche 20 quantitativ vermessen, die aus Näpfchen 20 und unbearbeiteten Oberflächenbereichen, wie Stegen 62, zwischen den Näpfchen 20 besteht. Zur Vermessung wird die Oberfläche 20 des Tiefdruckzylinders 12 von dem Laser-Weg-Sensor im Messkopf 48 in Bewegungsrichtung hinter dem Laserbearbeitungsorgan 18 mit einem Laserstrahl abgetastet, der in radialer Richtung auf die Oberfläche 20 des Tiefdruckzylinders 12 gelenkt und von der bearbeiteten oder unbearbeiteten Oberfläche 20 teilweise in Richtung des Sensors zurück reflektiert wird. Der Abstand zwischen der Oberfläche 20 und dem Laser-Weg-Sensor kann dann zum Beispiel durch Auswertung der Phasenverschiebung zwischen dem Abtaststrahl und dem zurück reflektierten Strahl mit einer Genauigkeit von etwa 1 μm gemessen werden. Die Messung des Abstands erfolgt entlang der zuvor gravierten Spuren 60, wobei Oberflächenprofile aufgenommen werden, wie in Fig. 8 und 9 dargestellt.

[0035] Bei der Graviermaschine 10 in Fig. 1, bei welcher der Messkopf 48 zusammen mit dem Laserbearbeitungsorgan 18 auf dem Gravierwagen 26 montiert ist, erfolgt die Bearbeitung der Zylinderoberfläche 20 mit dem Laserstrahl 16 und deren Vermessung gleichzeitig, wobei der Messkopf 48 mit derselben Vorschubgeschwindigkeit wie das Laserbearbeitungsorgan 18 am Zylinder 12 entlang bewegt wird. Die Nachbearbeitung, soweit erforderlich, erfolgt dort im Anschluss an die Auswertung der Messwerte durch das Laserbearbeitungsorgan 18 auf dem Gravierwagen 26.

[0036] Jedoch ist es auch möglich, neben dem Messkopf 48 und dem Laserbearbeitungsorgan 18 ein weite-

res Laserbearbeitungsorgan (nicht dargestellt) auf dem Gravierwagen 26 zu montieren, so dass die Bearbeitung, die Vermessung und die Nachbearbeitung gleichzeitig vorgenommen werden können, allerdings auf verschiedenen Bereichen der Zylinderoberfläche 20.

[0037] Wenn die Vermessung mit derselben Geschwindigkeit wie die Bearbeitung des Tiefdruckzylinders 12 mit dem Laserstrahl 16 durchgeführt wird, kann wie in Fig. 1 dargestellt. Wenn die Vermessung und die Bearbeitung mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten erfolgen, wird der Messkopf auf einem separaten Messwagen montiert

[0038] Die Vermessung erfolgt mit einer Geschwindigkeit oder Sampler-Rate, die auf die Drehgeschwindigkeit des Tiefdruckzylinders 12 und auf die Größe der störenden Abraumablagerungen abgestimmt ist. Wenn die Abmessungen der störenden Abraumablagerungen etwa 10 μm betragen, wie oben angegeben, werden bei der Abtastung der Zylinderoberfläche 20 mit dem Laserstrahl des Laser-Weg-Sensors im Bereich jedes Bildpunkts mindestens vier bis fünf Messwerte erzeugt, um sämtliche derartigen Abraumablagerungen zu erfassen. Um ein genaueres Oberflächenprofil aufzunehmen, können jedoch pro Bildpunkt vorzugsweise mehr als zehn und am besten etwa 20 Messwerte aufgenommen werden, aus denen dann ein Mittelwert gebildet wird. Bei einer Umfangsgeschwindigkeit des Tiefdruckzylinders von etwa 10 m/s und fünf bis zwanzig Messwerten pro Bildpunkt ergibt sich eine Sampler-Rate von etwa 250 kHz bis 1 MHz.

[0039] Aus den für jeden Bildpunkt aufgenommenen Messwerten, d.h. den entsprechenden Abständen zwischen dem Sensor und der unbearbeiteten Zylinderoberfläche 20, kann eine mittlere Ist-Tiefe jedes Bildpunkts quantitativ berechnet werden, indem von dem Mittelwert der gemessenen Abstände der Abstand zwischen dem Laser-Weg-Sensor und der unbearbeiteten Zylinderoberfläche 20 subtrahiert wird.

[0040] Wenn das Ergebnis der Subtraktion positiv ist, liegt der vermessene Bildpunkt innerhalb eines Nöpfchens 22. In diesem Fall wird der Messwert, d.h. die aus der Abstandsmessung ermittelte Graviertiefe des Bildpunkts, mit dem Sollwert der Graviertiefe desselben Bildpunkts verglichen, der zuvor der Gravur mit dem Laserstrahl 16 zugrunde gelegt worden ist. Wenn bei dem Vergleich eine Abweichung festgestellt wird und diese Abweichung einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, der zum Beispiel mit 5 bis 10 μm den Abmessungen von störendem Abraum 56 entspricht, wird der Bildpunkt später mit dem Laserstrahl 16 nachbearbeitet. Bei der Nachbearbeitung wird die Intensität des Laserstrahls 16 mittels des akustooptischen Modulators im Laserbearbeitungsorgan 18 so gesteuert, dass die bei der Nachbearbeitung entfernte Materialmenge etwa der gemessenen Abweichung vom Sollwert entspricht. Wenn bei dem Vergleich keine Abweichung festgestellt wird, oder wenn eine festgestellte Abweichung den vorbestimmten Schwellenwert nicht übersteigt, wird der Bildpunkt nicht

nachbearbeitet.

[0041] Wenn das Ergebnis der Subtraktion Null beträgt oder negativ ist, liegt der vermessene Bildpunkt auf der unbearbeiteten Oberfläche 20 des Tiefdruckzylinders 12. In diesem Fall kann der Messwert, d.h. der aus der Abstandsmessung ermittelte mittlere Überstand des Bildpunktes über die unbearbeitete glatte Zylinderoberfläche 20, direkt mit einem vorbestimmten Schwellenwert verglichen werden, der dem maximal zulässigen Überstand entspricht. Wenn der Messwert größer ist als der Schwellenwert und zum Beispiel mehr als 5 bis 10 μm beträgt, wird der Bildpunkt anschließend mit dem Laserstrahl 18 nachbearbeitet. Auch in diesem Fall wird die Intensität des Laserstrahls 16 bei der Nachbearbeitung entsprechend der gemessenen Abweichung des Messwerts vom Schwellenwert gesteuert, um den Abraum 56 im Wesentlichen vollständig von der Oberfläche 20 zu entfernen. Wenn der Messwert kleiner als der Schwellenwert ist, wird der Bildpunkt nicht nachbearbeitet.

[0042] Im Ergebnis werden bei der Nachbearbeitung somit nur diejenigen Abraumablagerungen entfernt, die störende Abmessungen aufweisen, d.h. die größeren Abraumablagerungen, wie bei einem Vergleich der Figuren 6 und 7 bzw. 8 und 9 sichtbar ist.

[0043] Die Vermessung der dreidimensionalen Struktur der bearbeiteten Zylinderoberfläche 20 kann während der Gravur vorgenommen werden, indem ein bereits fertig gravierter Teil der Oberfläche 20 vermessen wird. Dabei muss jedoch Abstand zwischen dem bereits fertig gravierten Teil, der vermessen werden soll, von dem noch in Bearbeitung befindlichen Teil, in dem gerade mit dem Laserstrahl 16 graviert wird, ausreichend groß sein, um auszuschließen, dass sich Schmelzauswurf aus dem in Bearbeitung befindlichen Teil noch nach der Vermessung auf dem vermessenen Teil ablagert. Bei Versuchen hat sich gezeigt, dass eine solche nachträgliche Ablagerung von Schmelzauswurf nach der Vermessung bereits dann ausgeschlossen werden kann, wenn die Vermessung in Umfangsrichtung in einem Winkelabstand von wenigen Grad bzw. in axialer Richtung in einem Abstand von mehr als 5 bis 6 Spuren 60 erfolgt. Um jedoch sicherzustellen, dass das bei der Gravur ausgeworfene Material die Messung des Sensors nicht verfälscht, erfolgt diese zweckmäßig in einem größeren Abstand von dem zur Bearbeitung dienenden Laserstrahl 16.

[0044] Dies ist bei der Graviermaschine 10 in Fig. 10 schematisch dargestellt, wo der Messkopf 48 auf einem separaten Messwagen 64 montiert ist, der sich zur Vermessung der Zylinderoberfläche 20 mittels eines eigenen Vorschub- oder Spindelantriebs 66 an der vom Gravierwagen 26 abgewandten Seite des Zylinders 12 entlang bewegen lässt. Statt mit einem Laser-Weg-Sensor ist der Messkopf 48 dort mit einem berührungslos arbeitenden konfokalen oder chromatisch-konfokalen Sensor 70 ausgestattet, der ebenfalls den radialen Abstand zwischen dem Sensor 70 und der gegenüberliegenden Zylinderoberfläche 20 misst.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung eines Zylinders mit mindestens einem Laserstrahl, wobei mit dem Laserstrahl in einer Oberfläche des Zylinders Vertiefungen ausgehoben werden, um an der Zylinderoberfläche eine Struktur zu erzeugen, wobei auf mindestens einem Teil der Zylinderoberfläche einzelne Strukturelemente der erzeugten Struktur vermessen werden, wobei mindestens ein geometrischer Messwert jedes vermessenen Strukturelements mit einem entsprechenden geometrischen Sollwert desselben Strukturelements verglichen wird, um eine Abweichung des Messwerts vom Sollwert zu ermitteln, wobei auf der Grundlage der ermittelten Abweichungen eine Korrektur vorgenommen wird, und wobei bei der Korrektur diejenigen Strukturelemente (50, 56, 62) mit dem Laserstrahl (16) nachbearbeitet werden, bei denen die Abweichung des Messwerts vom Sollwert in einer Richtung ein vorbestimmtes Maß übersteigt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sämtliche Strukturelemente (50, 56, 62) der erzeugten Struktur vermessen werden, dass für sämtliche vermessenen Strukturelemente (50, 56, 62) ein quantitativer Vergleich des Messwerts mit dem Sollwert vorgenommen wird, und dass sämtliche Strukturelemente (50, 56, 62) nachbearbeitet werden, bei denen die Abweichung des Messwerts vom Sollwert das vorbestimmte Maß übersteigt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Nachbearbeitung eines Strukturelements (50, 56, 62) Material mit dem Laserstrahl (16) abgetragen wird, wobei das Maß des Materialabtrags etwa dem Maß der Abweichung des Messwerts vom Sollwert entspricht.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vermessung der Strukturen während der Bearbeitung des Zylinders (12) mit dem Laserstrahl (16) erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der bei der Vermessung ermittelte geometrische Messwert der radiale Abstand zwischen der unbearbeiteten Zylinderoberfläche (20) und der Oberfläche des Strukturelements (50, 56, 62) ist.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vermessung der Strukturelemente (50, 56, 62) durch eine Abstandsmessung erfolgt, wobei der Abstand zwischen einem Sensor (70) und der Oberfläche des Strukturelements (50, 56, 62) gemessen wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die nachbearbeiteten Strukturelemente (50, 56, 62) mindestens ein weiteres Mal vermessen und erneut nachbearbeitet werden, wenn die Abweichung des bei der weiteren Vermessung ermittelten Messwerts vom Sollwert das vorgegebene Maß übersteigt.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bearbeitung der Zylinderoberfläche (20) und die Vermessung der Strukturelemente (50, 56, 62) sowie die Nachbearbeitung der Strukturelemente (50, 56, 62) spurweise erfolgt.
9. Vorrichtung zum Ausheben von Vertiefungen (22, 50) an der Oberfläche (20) eines Zylinders (12), mit einem Antrieb zum Drehen des Zylinders (12), mindestens einem Laser (34), einem in Bezug zum Zylinder (12) beweglichen Laserbearbeitungsorgan (18) zur Bestrahlung der Zylinderoberfläche (20) mit einem vom Laser (34) erzeugten Laserstrahl (16), Steuereinrichtungen (42, 44) zur Steuerung der Bewegung des Laserbearbeitungsorgans (18) und/oder des Laserstrahls (16) in Bezug zum Zylinder (12) sowie zur Steuerung von Modulationseinrichtungen zur Modulation des Lasers (34) oder Laserstrahls (16), mindestens einem in Bezug zum Zylinder (12) beweglichen Sensor (70) zur Vermessung einer vom Laserstrahl (16) an der Zylinderoberfläche (20) erzeugten Struktur, mit dem Sensor (70) verbundene Einrichtungen zur Ermittlung von mindestens einem geometrischen Messwert von einzelnen Strukturelementen (50, 56, 62) der Struktur und zum Vergleichen der Messwerte mit entsprechenden geometrischen Sollwerten der Strukturelemente, wobei die Steuereinrichtungen (42, 44) die Bewegung des Laserbearbeitungsorgans (18) und/oder des Laserstrahls (16) und die Modulationseinrichtungen in Abhängigkeit von den geometrischen Messwerten steuern, um Strukturelemente (50, 56, 62), bei denen der Messwert vom Sollwert abweicht, mit dem Laserstrahl (16) nachzubearbeiten, wenn die Abweichung ein vorgegebenes Maß übersteigt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (70) ein berührungslos arbeitender Sensor ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor ein Laser-Weg-Sensor ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (70) ein konfokaler Sensor oder ein chromatisch-konfokaler Sensor ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (70) in einer Vorschubrichtung des Laserbearbeitungsorgans (18) und/oder in Drehrichtung des Zylinders (12) im Abstand hinter dem Laserbearbeitungsorgan (18) angeordnet ist. 5
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Laserbearbeitungsorgan (18) und der Sensor gemeinsam in axialer Richtung des Zylinders (12) beweglich sind. 10
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtungen (42, 44) bei der Nachbearbeitung einen Materialabtrag durch den Laserstrahl (16) so steuern, dass das Maß des Materialabtrags etwa dem Maß der Abweichung des Messwerts vom Sollwert entspricht. 15

Claims

1. Process for machining a cylinder with at least one laser beam, wherein the laser beam is used to make recesses in a surface of the cylinder in order to produce a structure on the cylinder surface, wherein individual structure elements of the structure produced are measured on at least part of the cylinder surface, wherein at least one geometrical measured value for each measured structure element is compared with a corresponding geometrical desired value for the same structure element in order to determine a deviation of the measured value from the desired value, wherein a correction is performed on the basis of the deviations determined, and wherein, in the correction, the laser beam (16) is used to rework those structure elements (50, 56, 62) in the case of which the deviation of the measured value from the desired value exceeds a predetermined extent in one direction. 25
2. Process according to Claim 1, **characterized in that** all of the structure elements (50, 56, 62) of the structure produced are measured, and **in that** a quantitative comparison of the measured value with the desired value is performed for all of the measured structure elements (50, 56, 62), and **in that** all of the structure elements (50, 56, 62) in the case of which the deviation of the measured value from the desired value exceeds the predetermined extent are reworked. 30
3. Process according to Claim 1 or 2, **characterized in that**, in the reworking of a structure element (50, 56, 62), the laser beam (16) is used to remove material, wherein the extent of the removal of material corresponds approximately to the extent of the deviation of the measured value from the desired value. 35

4. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the measurement of the structures is performed during the machining of the cylinder (12) with the laser beam (16). 5
5. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the geometrical measured value determined in the measurement is the radial distance between the unmachined cylinder surface (20) and the surface of the structure element (50, 56, 62). 10
6. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the measurement of the structure elements (50, 56, 62) is performed by a distance measurement, wherein the distance between a sensor (70) and the surface of the structure element (50, 56, 62) is measured. 15
7. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the reworked structure elements (50, 56, 62) are measured at least one further time and reworked once again if the deviation of the measured value determined in the further measurement from the desired value exceeds the predetermined extent. 20
8. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the machining of the cylinder surface (20) and the measurement of the structure elements (50, 56, 62) as well as the reworking of the structure elements (50, 56, 62) are performed track-wise. 25
9. Device for making recesses (22, 50) on the surface (20) of a cylinder (12), with a drive for rotating the cylinder (12), at least one laser (34), a laser machining element (18), which is movable with respect to the cylinder (12) and is intended for irradiating the cylinder surface (20) with a laser beam (16) produced by the laser (34), control devices (42, 44) for controlling the movement of the laser machining element (18) and/or the laser beam (16) with respect to the cylinder (12) as well as for controlling modulation devices for modulating the laser (34) or laser beam (16), at least one sensor (70), which is movable with respect to the cylinder (12) and is intended for measuring a structure produced by the laser beam (16) on the cylinder surface (20), and devices connected to the sensor (70) for determining at least one geometrical measured value of individual structure elements (50, 56, 62) of the structure and for comparing the measured values with corresponding geometrical desired values of the structure elements, wherein the control devices (42, 44) control the movement of the laser machining element (18) and/or of the laser beam (16) and the modulation devices in dependence on the geometrical meas- 30

ured values, in order to use the laser beam (16) to rework structure elements (50, 56, 62) in the case of which the measured value deviates from the desired value if the deviation exceeds a predetermined extent.

10. Device according to Claim 9, **characterized in that** the sensor (70) is a contactlessly operating sensor.
11. Device according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the sensor is a laser displacement sensor.
12. Device according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the sensor (70) is a confocal sensor or a chromatic-confocal sensor.
13. Device according to one of Claims 9 to 12, **characterized in that** the sensor (70) is arranged at a distance downstream of the laser machining element (18) in a direction of advancement of the laser machining element (18) and/or in the direction of rotation of the cylinder (12).
14. Device according to one of Claims 8 to 12, **characterized in that** the laser machining element (18) and the sensor are movable together in the axial direction of the cylinder (12).
15. Device according to one of Claims 8 to 12, **characterized in that**, in the reworking, the control devices (42, 44) control the removal of material by the laser beam (16) in such a way that the extent of the removal of material corresponds approximately to the extent of the deviation of the measured value from the desired value.

Revendications

1. Procédé d'usinage d'un cylindre au moyen d'au moins un faisceau laser, dans lequel des creux sont ménagés au moyen du faisceau laser dans une surface du cylindre afin de générer une structure sur la surface du cylindre, dans lequel des éléments de structure individuels de la structure générée sont mesurés sur au moins une partie de la surface du cylindre, dans lequel au moins une valeur de mesure géométrique de chaque élément de structure mesuré est comparée à une valeur nominale géométrique correspondante du même élément de structure afin de déterminer un écart entre la valeur de mesure et la valeur nominale, dans lequel une correction est effectuée sur la base des écarts déterminés et dans lequel, lors de la correction, les éléments de structure (50, 56, 62) pour lesquels l'écart entre la valeur de mesure et la valeur nominale dépasse une mesure prédéterminée dans une certaine direction sont soumis à un post-usinage au moyen du faisceau la-

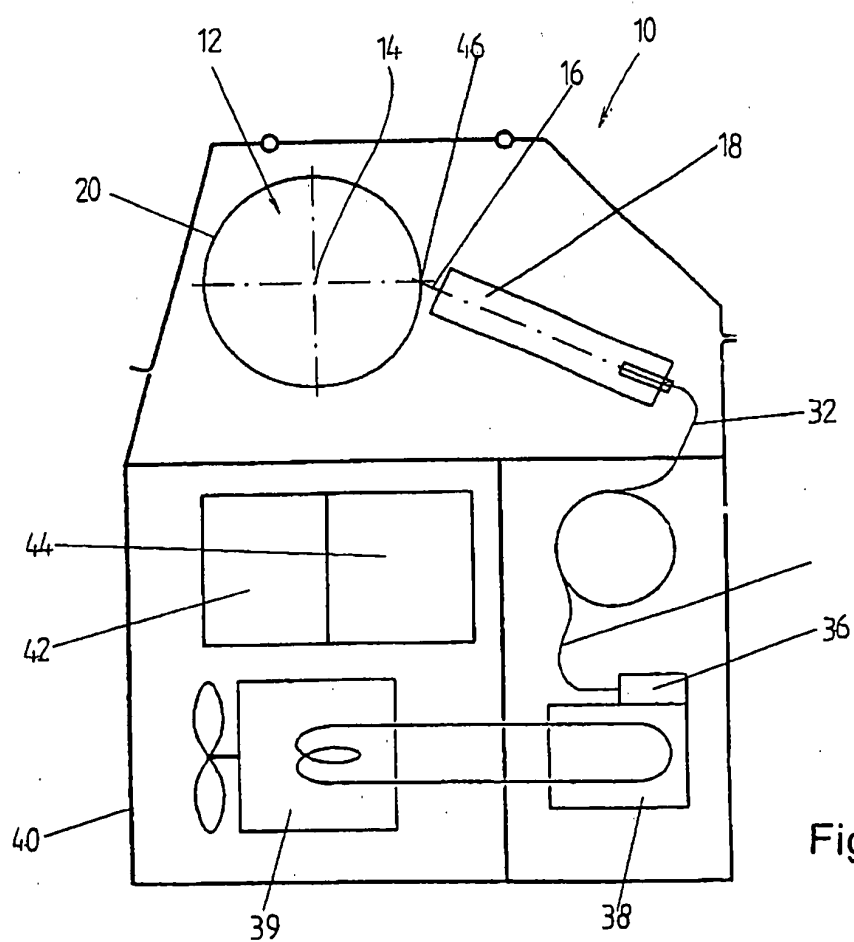
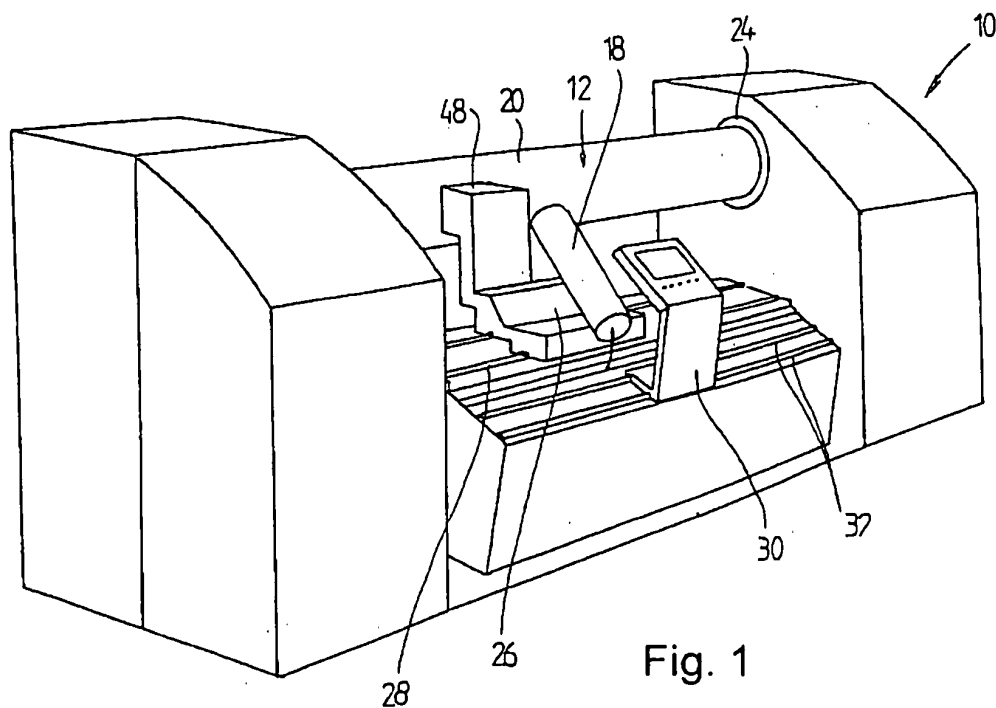
ser (16).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la totalité des éléments de structure (50, 56, 62) de la structure générée sont mesurés, **en ce que**, pour la totalité des éléments de structure mesurés (50, 56, 62) une comparaison quantitative de la valeur de mesure avec la valeur nominale est effectuée et **en ce que** la totalité des éléments de structure (50, 56, 62) pour lesquels l'écart entre la valeur de mesure et la valeur nominale dépasse la mesure prédéterminée sont soumis à un post-usinage.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, lors du post-usinage d'un élément de structure (50, 56, 62), du matériau est enlevé au moyen du faisceau laser (16), dans lequel la mesure de la quantité de matériau enlevé correspond approximativement à la mesure de l'écart entre la valeur de mesure et la valeur nominale.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la mesure des structures s'effectue pendant l'usinage du cylindre (12) au moyen du faisceau laser (16).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la valeur de mesure géométrique obtenue lors de la mesure est la distance radiale entre la surface (20) non usinée du cylindre et la surface de l'élément de structure (50, 56, 62).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la mesure des éléments de structure (50, 56, 62) s'effectue par mesure d'une distance, dans lequel la distance entre un capteur (70) et la surface de l'élément de structure (50, 56, 62) est mesurée.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments de structure (50, 56, 62) soumis à un post-usinage sont mesurés au moins une fois supplémentaire et sont de nouveau soumis à un post-usinage lorsque l'écart entre la valeur de mesure déterminée lors de la mesure supplémentaire et la valeur nominale dépasse la mesure prédéfinie.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'usinage de la surface du cylindre (20) et la mesure des éléments de structure (50, 56, 62), ainsi que le post-usinage des éléments de structure (50, 56, 62) s'effectuent sous forme de pistes.
9. Dispositif destiné à ménager des creux (22, 50) sur la surface (20) d'un cylindre (12), comportant un dis-

positif d'entraînement destiné à mettre en rotation le cylindre (12), au moins un laser (34), un organe d'usinage au laser (18) mobile par rapport au cylindre (12) pour exposer la surface du cylindre (20) à un faisceau laser (16) généré par le laser (34), des dispositifs de commande (42, 44) pour commander le mouvement de l'organe d'usinage au laser (18) et/ou du faisceau laser (16) par rapport au cylindre (12) et commander des dispositifs de modulation destinés à moduler le laser (34) ou le faisceau laser (16), au moins un capteur (70) mobile par rapport au cylindre (12) pour mesurer une structure générée par le faisceau laser (16) sur la surface du cylindre (20), des dispositifs connectés au capteur (70) pour déterminer au moins une valeur de mesure géométrique d'éléments de structure individuels (50, 56, 62) de la structure et comparer la valeur de mesure à des valeurs nominales géométriques correspondantes des éléments de structure, dans lequel les dispositifs de commande (42, 44) commandent le mouvement de l'organe d'usinage au laser (18) et/ou du faisceau laser (16) et commandent les dispositifs de modulation en fonction des valeurs de mesure géométriques afin de soumettre à un post-usinage des éléments de structure (50, 56, 62) dont la valeur de mesure s'écarte de la valeur nominale au moyen du faisceau laser (16) lorsque l'écart dépasse une mesure prédéfinie.

de l'écart entre la valeur de mesure et la valeur nominale.

10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le capteur (70) est un capteur fonctionnant sans contact. 50
11. Dispositif selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** le capteur est un capteur de trajet laser. 35
12. Dispositif selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** le capteur (70) est un capteur confocal ou un capteur confocal chromatique. 40
13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce que** le capteur (70) est disposé dans une direction d'avance de l'organe d'usinage au laser (18) et/ou dans une direction de rotation du cylindre (12) à une certaine distance à l'arrière de l'organe d'usinage au laser (18). 45
14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que** l'organe d'usinage au laser (18) et le capteur sont mobiles en commun dans la direction axiale du cylindre (12). 50
15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que** les dispositifs de commande (42, 44), lors du post-usinage, commandent un enlèvement de matériau au moyen du faisceau laser (16) de telle manière que la mesure de matériau enlevé corresponde approximativement à la mesure 55



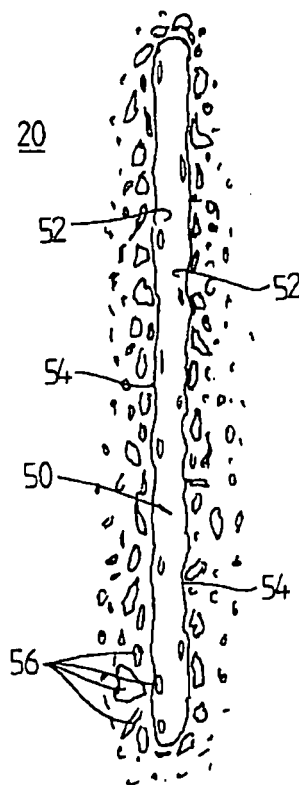


Fig. 3

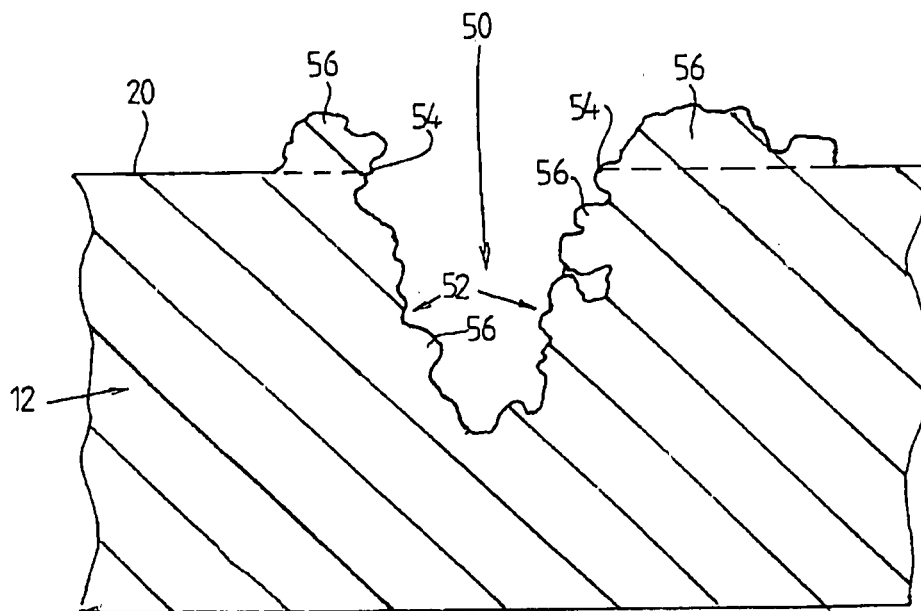


Fig. 4

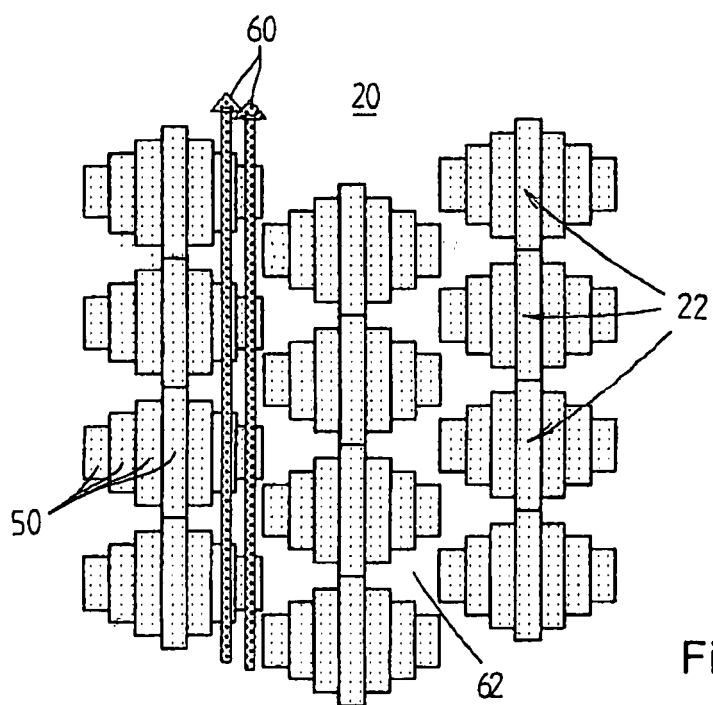


Fig. 5

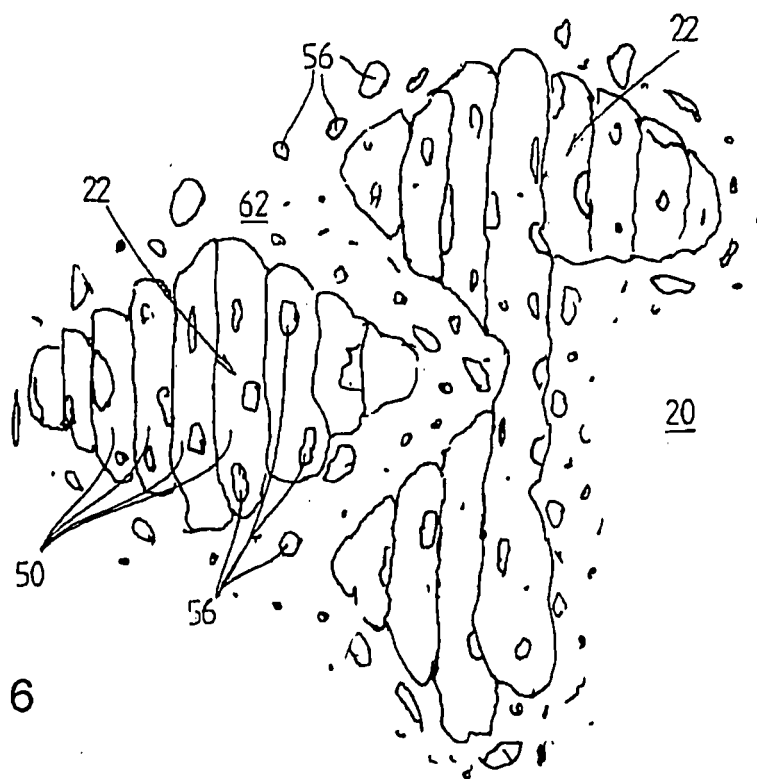


Fig. 6

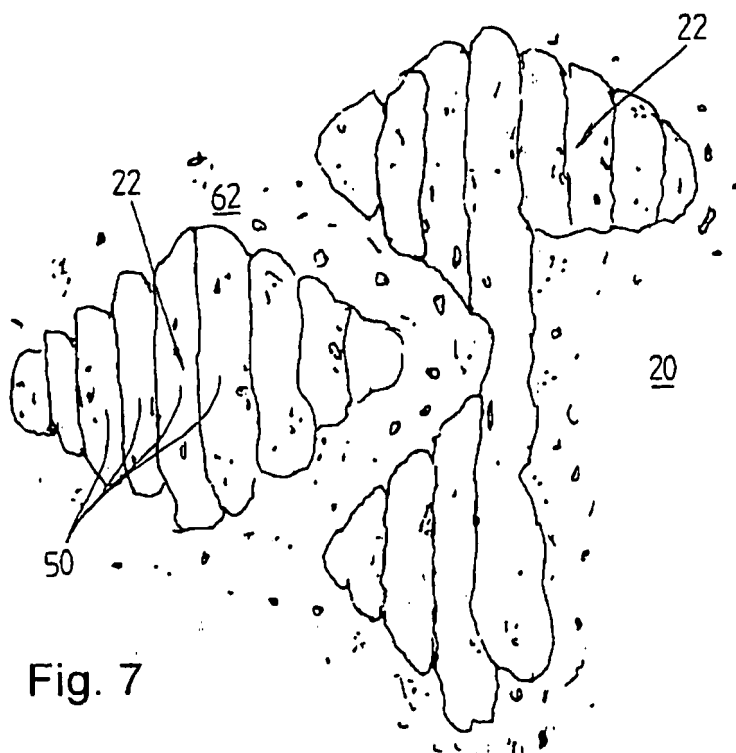


Fig. 7

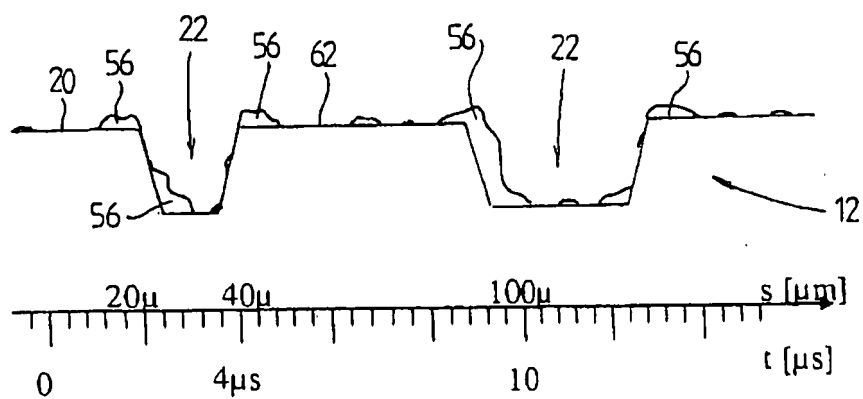
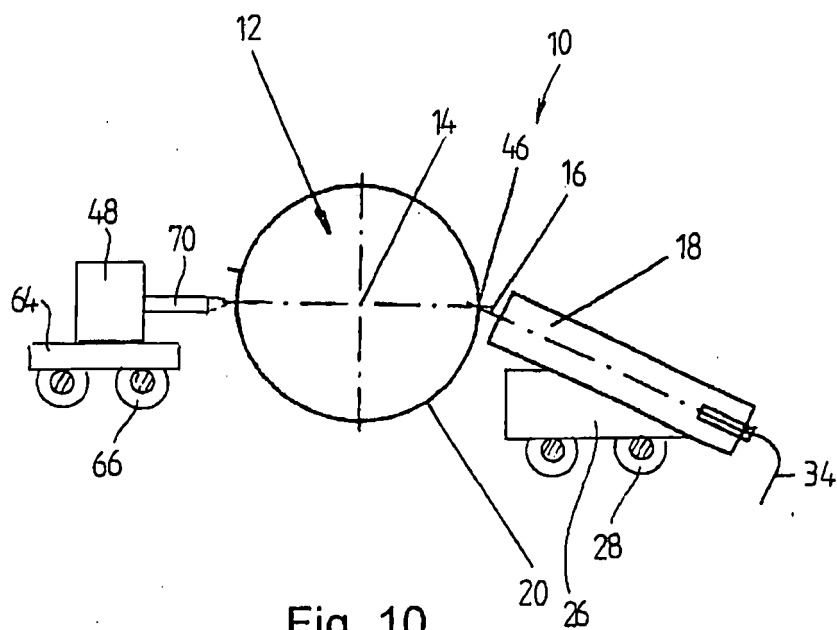


Fig. 8



Fig. 9



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1568490 B1 [0003]
- US 5652804 A [0006]
- WO 0013839 A [0024] [0025]
- EP 1568490 A1 [0029]