



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 1 578 604 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
18.06.2014 Patentblatt 2014/25
- (45) Hinweis auf die Patenterteilung:
23.03.2011 Patentblatt 2011/12
- (21) Anmeldenummer: **03782459.6**
- (22) Anmeldetag: **19.12.2003**
- (51) Int Cl.:
B41C 1/045 (2006.01) **B44B 1/02 (2006.01)**
B41N 1/06 (2006.01)
- (86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2003/014610
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/056568 (08.07.2004 Gazette 2004/28)

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON STICHTIEFDRUCKPLATTEN

METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING INTAGLIO PRINTING PLATES

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR FABRIQUER DES PLAQUES D'IMPRESSION HELIO

- (84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
- (30) Priorität: **20.12.2002 DE 10260253**
- (43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.09.2005 Patentblatt 2005/39
- (73) Patentinhaber: **Giesecke & Devrient GmbH
81677 München (DE)**
- (72) Erfinder:
 - **ADAMCZYK, Roger
84424 Isen (DE)**
 - **MAYER, Karlheinz
86169 Augsburg (DE)**
 - **WIDEMANN, Richard
88634 Herdwangen-Schönach (DE)**
- (74) Vertreter: **Klunker . Schmitt-Nilson . Hirsch
Patentanwälte
Destouchesstrasse 68
80796 München (DE)**
- (56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 741 008	EP-A1- 0 595 324
EP-A2- 0 652 075	WO-A-02/20268
WO-A-97/48555	WO-A-99/07554
WO-A-99/30482	WO-A1-96/23201
WO-A1-97/27026	WO-A1-97/48555
WO-A1-99/07554	WO-A1-99/30482
DE-A- 2 508 985	DE-A1- 2 508 985
DE-A1- 10 101 134	US-A- 5 731 881
US-A1- 2002 135 811	US-A1- 2002 135 811

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Stichtiefdruckplatten und eine Vorrichtung zur Herstellung dieser Platten.

[0002] Unter Druckplatten im Sinne der Erfindung sind nicht nur Druckplatten, insbesondere Stichtiefdruckplatten für den farbführenden Druck, sondern auch für den Blinddruck, so genannte Prägeplatten zu verstehen.

[0003] Für den Tiefdruck verwendete Druckformen werden beispielsweise mittels chemischer oder mechanischer Verfahren hergestellt.

[0004] So können z.B. die für den Rastertiefdruck typischen näpfchenartigen Vertiefungen mit fotochemischem Ätzverfahren, bei dem Säure auf die Druckformoberfläche einwirkt, erzeugt werden. Allerdings sind die Rasterstege zwischen den Näpfchen relativ druckempfindlich, so dass diese beim Druckvorgang in Mitleidenschaft gezogen oder sogar zerstört werden und so eine hohe Auflagenfestigkeit nicht gewährleistet ist (Bruckmann's Handbuch der Drucktechnik, S 171ff). Außerdem ist es nicht möglich, absolut identische Ätzungen zu wiederholen.

[0005] Alternativ zur chemischen Bearbeitung bieten sich verschiedene mechanische Bearbeitungsverfahren für eine Druckform an.

[0006] Insbesondere beim Druck hochwertiger Druckerzeugnisse, wie Wertpapiere oder Banknoten, werden Bildmotive traditionell in zeitaufwändiger Handarbeit mithilfe eines Stichels in eine Metallplatte, wie beispielsweise Stahl oder Kupfer, eingeschlagen. Beim Stichtiefdruck werden die Graustufen des Bildmotivs mit unterschiedlich breiten und/oder tiefen Linien und einer unterschiedlichen Anzahl von Linien pro Fläche dargestellt.

[0007] Neben der händischen Bearbeitung von Druckplatten kann die Gravur eines Druckzylinders auch maschinell erfolgen.

[0008] Dabei werden, wie beispielsweise in der EP 0 076 868 B1 beschrieben, Näpfchen in die Druckform eingebracht, die, abhängig von ihrer Rasterweite und Gravurtiefe, den Grauwert einer Druckvorlage repräsentieren. Lichte Töne und tonwertabhängige Veränderungen in der Druckvorlage werden dabei in der Druckform über die Veränderung des Fokuswertes eines Elektronenstrahles erzeugt, wodurch in der Druckform Näpfchen mit unterschiedlichem Volumen erzeugt werden.

[0009] Mit der Zerlegung der Bildvorlage in Grauwerte und deren Umsetzung auf der Druckplatte durch Näpfchen gehen jedoch die wesentlichen für den Stichtiefdruck erforderlichen Komponenten verloren, da mithilfe der Rastertechnik lediglich punktweise Farbe auf den Druckträger übertragen werden kann. Der Stichtiefdruck zeichnet sich jedoch gerade dadurch aus, dass auf dem Druckträger ein kontinuierliches, mit dem Farbauftrag fühlbares Liniendruckmuster übertragen wird, das sich insbesondere durch seine filigrane Linienführung auszeichnet.

[0010] Die WO 97/48555 schlägt daher ein Verfahren

zur Herstellung einer Stahltafeldruckplatte vor, bei dem die Platte maschinell graviert wird und das Bildmotiv nicht in ein Näpfchenraster umgesetzt wird, sondern aus einer Strichzeichnung ermittelte Flächenelemente graviert werden. Dabei wird ein Werkzeug entlang drei freien Achsen bewegt.

[0011] Eine Vorrichtung zum maschinellen Bearbeiten von Werkstücken beschreibt die EP 0 652 075 A. Die Vorrichtung hat einen als Portal ausgebildeten Werkzeugständer aus Naturstein, der an einem Arbeitstisch aus demselben Material mittels einer Luftlagereinrichtung gelagert ist, um den Werkzeugständer zu verschieben, wobei die Lagereinrichtung im Portal angeordnet ist. Eine Vakuumspanneinrichtung ist im Arbeitstisch gebildet, um das zu bearbeitende Werkstück auf der Oberfläche des Arbeitstisches zu halten. Mit der Vorrichtung kann mit hohen Abtragsleistungen Material mit dreidimensionalen Konturen oder Freiformflächen oder dünnwandige Teile mit hoher Genauigkeit und hohen Vorschüben bearbeitet werden.

[0012] Aus WO 99/30482 A1 ist ein Verfahren zur Gravur von Druckzylindern mittels eines Gravierorgans in Form eines Gravierstichels in einer elektronischen Graviermaschine bekannt, bei dem ein Gravierstichel rasterartig angeordnete Näpfchen in einen rotierenden Druckzylinder graviert. Zur Kompensation des störenden Einflusses von Betriebstemperaturänderungen im Gravierorgan wird die Betriebstemperatur im Gravierorgan an mindestens einem Messort gemessen. In Abhängigkeit von der gemessenen Betriebstemperatur wird die elektrische Ansteuerung des Gravierorgans korrigiert und/oder die Temperatur mindestens einer Komponente des Gravierorgans und/oder der Luft, die das Gravierorgan umströmt, geändert.

[0013] Aus DE 2508985 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Tiefdruckzylinders bekannt, bei dem ein Zylinder mit einer Oberfläche aus einem harten Werkstoff zunächst mit Näpfchen einheitlicher Tiefe versehen wird, die daraufhin mit einem weicheren Werkstoff, bevorzugt Kunststoff gefüllt werden. Der dabei entstehende überschüssige weichere Werkstoff, der über die Näpfchen in dem harten Werkstoff hervorsteht, wird entfernt, wobei die Oberfläche des harten Werkstoffs als Bezugsebene dient. Aus WO 99/07554 A1 ist ein Verfahren zum Positionieren von Gravierorganen in einer elektronischen Graviermaschine zur Gravur von Tiefdruckzylindern bekannt, bei dem mindestens zwei nebeneinander liegende Gravierstränge mit jeweils einem Gravierorgan graviert werden. Für die Gravierorgane werden axiale Referenzpositionen vorgegeben, auf die nacheinander eine elektronische Positionsseinrichtung positioniert wird. Die Positionsseinrichtung ermittelt die axiale Abweichung der Gravierstichelspitze des entsprechenden Gravierorgans oder die Abweichung mindestens eines mit dem entsprechenden Gravierorgan probeweise gravierten Näpfchens von der Referenzposition. Anschließend werden die Gravierorgane um die festgestellten Abweichungen verschoben und somit exakt auf den Referenz-

positionen positioniert.

[0014] Zwar ist es möglich, mit den im Stand der Technik beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen Werkstücke zu bearbeiten bzw. Druckplatten zu fertigen, allerdings ist eine extrem hohe Präzision nicht zu erreichen. Da es sich bei den Gravuren um sehr filigrane Strukturen mit eng geschwungenen Linien handeln kann, wird von der Bearbeitungsvorrichtung auch im Mikrobereich eine hohe Dynamik, optimaler Gleichlauf der Achsen und eine ausgezeichnete Wiederholgenauigkeit und Langzeitstabilität gefordert.

[0015] Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein Verfahren zur Herstellung von Druckplatten zur Verfügung zu stellen, wobei die druckenden bzw. prägenden Konturen der Platte eine Genauigkeit von vorzugsweise ca. mindestens 1 μm aufweisen.

[0016] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens bereitzustellen.

[0017] Die Lösung dieser Aufgaben ergibt sich aus den unabhängigen Ansprüchen. Weiterbildungen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0018] Gemäß der Erfindung werden bei der mechanischen Gravur von Stichtiefdruckplatten alle wesentlichen, den Gravievorgang beeinflussenden Parameter überwacht und gegebenenfalls geregelt, so dass sie über den gesamten Bearbeitungszeitraum einer Druckplatte ausreichend stabilisiert sind. Dadurch können Stichtiefdruckplatten hergestellt werden, deren Konturen eine Genauigkeit von vorzugsweise ca. mindestens 1 μm aufweisen. Zur Bearbeitung der Druckplatten kommt erfindungsgemäß eine Vorrichtung mit mindestens drei freien Achsen zum Einsatz, die unabhängig voneinander arbeiten und vorzugsweise jeweils von Linearmotoren angetrieben und auf hydrostatischen Lagern bewegt werden. Ein Werkstück wird mit samt einer Werkstückhalterung durch zwei voneinander unabhängige Antriebe in der Horizontalen entlang einer x- und z-Achse bewegt und eine vorgegebene y-Koordinate durch eine Vertikalbewegung eines Werkzeugs bzw. eines Bearbeitungsmoduls eingestellt. Mehrere Komponenten der Vorrichtung werden thermisch stabilisiert. Insbesondere zur Bestimmung der tatsächlichen Position der Werkzeugschneide relativ zur Werkstückoberfläche können mehrere Korrekturwerte ermittelt und bei der Steuerung der Eintauchtiefe des Gravierwerkzeugs berücksichtigt werden.

[0019] Unter "Genauigkeit" einer Kontur sind gemäß der Erfindung dabei die Genauigkeiten der Abmessungen im gravirten Motiv zu verstehen, wie z.B. die Tiefe der Kontur, die Breite der Kontur, die Lage der Konturen zueinander und die Form der Kontur.

[0020] Um die erfindungsgemäß geforderte Genauigkeit zu erreichen, ist es vorteilhaft, die komplette Bearbeitungsvorrichtung möglichst schwingungsfrei oder zumindest schwingungsdämpft aufzustellen. Weitere Vorteile ergeben sich durch den Einsatz von hydrostatischen Lagern für die zu bewegenden Komponenten, die eine hohe Steifigkeit bei gleichzeitig sehr reibungsarmer

Bewegung ermöglichen. Während Gleit- oder Rolllager beim Anfahren, d.h. bei Bewegungsbeginn oder bei einer Umkehr der Bewegungsrichtung durch Haftungskräfte hervorgerufene, unkontrollierte ruckartige Bewegungen erzeugen (so genannter Stick-Slip-Effekt), ermöglichen hydrostatische Lager eine sehr gleichmäßige und ruckfreie Bewegung und damit auch eine genauere Positionierung. Hydrostatische Lager können beispielsweise in Längsnuten integriert werden, die den Bewegungsrichtungen bzw. Achsen der Bearbeitungsvorrichtung entsprechen. Einzelne Komponenten der Bearbeitungsvorrichtung können dadurch auf einem Ölfilm schwimmend gelagert, bewegt und positioniert werden.

[0021] Zur Erzielung der angestrebten Bearbeitungs- genauigkeit werden erfindungsgemäß die Temperaturen wichtiger Komponenten überwacht. Unkontrollierte Temperaturschwankungen oder -änderungen können die unterschiedlichsten Ursachen haben und auch lediglich lokal an einzelnen Komponenten auftreten. Aufgrund der Wärmeausdehnungs-Koeffizienten der betroffenen Materialien können sie zu unkontrollierten Veränderungen der Abmessungen führen und beeinflussen dadurch das Bearbeitungsergebnis der Maschine, bei dem höchste Präzision gefordert wird, auf negative Weise. Erfindungsgemäß werden die Temperaturen wichtiger Komponenten während des Bearbeitungsvorgangs eines Werkstücks überwacht. Besonders kritische Temperaturen werden aktiv mittels geeigneter Thermostate und Temperiereinrichtungen auf eine vorgegebene Solltemperatur geregelt. Dies betrifft insbesondere die Temperatur der Bearbeitungsspindel und deren Halterung, der Linearmotoren und deren Kühlwasser, der Werkstückhalterung (Vakuumplatte) sowie die Lager der drei Bewegungssachsen und des Öls der hydrostatischen Lager.

Zur Regelung einer Temperatur kann die Isttemperatur in Intervallen von 1 s bis 5 min gemessen werden, typisch sind Messintervalle von etwa 10 s. Die Regelgenauigkeit ist vorzugsweise $\leq \pm 1^\circ$, besonders bevorzugt $\leq \pm 0,5^\circ$, äußerst bevorzugt $\leq \pm 0,1^\circ$. Eine hohe Regelgenauigkeit und Konstanz der geregelten Temperaturen ist erforderlich, weil sich gezeigt hat, dass bei den gegebenen Abmessungen und Materialien bereits eine Temperaturschwankung von ca. 5°C an einer Achse zu einer Abweichung von bis zu 6 μm führen kann.

[0022] Weitere wichtige Parameter für die hoch präzise Bearbeitung eines Werkstücks, wie einer Druckplatte, sind neben den x-, y-Bearbeitungskoordinaten des Werkstücks auch der Unterdruck, mit dem das Werkstück an die Werkstückhalterung angesaugt wird, sowie die später erläuterte dynamische Tiefenkorrektur der Antriebswelle des Gravierstichels. Vorzugsweise werden diese kritischen Parameter während der Bearbeitung einer Druckplatte aufgezeichnet und protokolliert. Damit ist es möglich, den Einfluss von Schwankungen oder Störungen bei einzelnen Parametern auf das bearbeitete Werkstück nachzuvollziehen. Durch das Mitprotokollieren der x-, y-Koordinaten während des Gravievorgangs ist es auch möglich, erst zu einem späteren Zeitpunkt

entdeckte Fehler in der Gravur einer Druck- oder Prägeplatte der Abweichung eines aufgezeichneten Parameters, beispielsweise einer Temperaturschwankung, zuzuordnen. Für die Aufzeichnung, Speicherung und visuelle Darstellung des zeitlichen Verlaufs der protokollierten Parameter wird vorzugsweise eine separate elektronische Datenverarbeitung, beispielsweise ein Personal Computer (PC) eingesetzt. Die Langzeitprotokollierung von kritischen Parametern hat den Vorteil, dass bei aufgetretenen Fehlern auch nachträglich die Ursachen hierfür ermittelt werden können. Dies ist insbesondere bei Druck- und Prägeplatten, die besonders groß sind und/oder ein besonders komplexes oder filigranes Muster aufweisen, von großem Vorteil, da deren Bearbeitungszeiten mehrere Tage betragen können.

[0023] Höchste Präzision und Reproduzierbarkeit bei der Druckplattenbearbeitung erfordert eine voneinander unabhängige und möglichst mechanisch entkoppelte Bewegung entlang der einzelnen Raumachsen. Hierfür wird für jede der drei Raumachsen ein eigener, unabhängig arbeitender Antrieb eingesetzt. Die Bearbeitungsvorrichtung wird so ausgeführt, dass das Werkstück mit samt der Werkstückhalterung durch zwei voneinander unabhängige Antriebe in der Horizontalen entlang der x- und z-Achse bewegt werden kann. Eine vorgegebene y-Koordinate wird durch eine Vertikalbewegung des Werkzeugs bzw. des Bearbeitungsmoduls eingestellt. Die Bewegung des Werkzeugs entlang der y-Achse erfolgt entlang einer separaten, säulenförmigen Halterung und ist dadurch mechanisch vollständig von der Bewegung entlang der x- und z-Koordinaten entkoppelt.

[0024] Für die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der bearbeiteten Werkstücke kommt den Antrieben für die Bewegung entlang der einzelnen Achsen eine besondere Bedeutung zu. Da sich die an den einzelnen Achsen ergebenden Fehler bei der Werkstückbearbeitung addieren, wird erfindungsgemäß auf konventionell arbeitende mechanische Antriebe, die beispielsweise mit Zahnradgetrieben und Gewindestangen arbeiten, verzichtet. Eine besonders hohe Positionierungsgenauigkeit wird durch den Einsatz von Linearmotorantrieben erreicht, da diese kein mechanisches Spiel aufweisen. Vorzugsweise wird für jede Achse ein separater Antrieb eingesetzt. Besonders bevorzugt wird ein Linearmotor als Antrieb für Bewegungen entlang der y-Achse, wodurch die vertikale Positionierung des Werkzeugs erfolgt.

[0025] Die Fixierung der zu bearbeitenden Werkstücke, wie Druckplatten, erfolgt vorzugsweise über eine ebene Ansaugplatte, die das Werkstück durch einen auf eine Seite einwirkenden Unterdruck kraftschnüllig fixiert. Die Ansaugplatte wird in ihrem Inneren von weitgehend parallelen, beispielsweise senkrecht angeordneten Kanälen durchzogen. Die Kanäle werden mit einer Einrichtung zur Erzeugung eines Unterdrucks, beispielsweise einer Vakuumpumpe, verbunden. Entlang der Kanäle sind Öffnungen angeordnet, die die Unterdruckkanäle mit der werkstückseitigen Oberfläche der Ansaugplatte verbinden. Diese Ansaugöffnungen werden vorzugswei-

se so angeordnet, dass sie gleichmäßig voneinander abstandet sind. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Ansaugöffnungen kann beispielsweise ca. 1 cm betragen. Die Ansaugöffnungen haben einen Durchmesser, der vorzugsweise nicht wesentlich größer als ca. 1 mm ist. Um die Stabilität und Steifigkeit der Ansaugplatte nicht durch zu viele oder zu dicht nebeneinander liegende Kanäle negativ zu beeinflussen, werden vorzugsweise wenigstens zwei benachbarte Reihen von Ansaugöffnungen mit dem gleichen Kanal verbunden.

[0026] Aus dem Stand der Technik bekannte Ansaugplatten werden aus Metall, vorwiegend Aluminiumplatten, gefertigt. Aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit und der verhältnismäßig großen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Metallen, und insbesondere von Aluminium, können dadurch große Temperaturschwankungen und Längenänderungen in das Werkstück eingebracht werden, was zu nicht vernachlässigbaren Fehlern bei einer Präzisionsgravur führt. Bei der erfindungsgemäß Bearbeitungsvorrichtung kommt deshalb vorzugsweise eine Ansaugplatte zum Einsatz, die aus Naturstein, vorzugsweise Granit, gefertigt ist. Platten aus Naturstein, und insbesondere aus Granit, wirken außerdem schwingungsdämpfend und zeichnen sich durch eine besonders hohe mechanische Steifigkeit aus. Ihre Oberfläche kann extrem plan gefertigt werden und sie weisen eine hohe Wärmekapazität bei gleichzeitig geringer Wärmeleitfähigkeit auf. Auch dies führt zu geringeren Temperaturschwankungen am Werkstück.

[0027] Da es insbesondere in Natur- oder Hartsteinplatten Probleme bereiten kann Ansaugkanäle mit einem sehr kleinen Durchmesser von beispielsweise 1 mm zu bohren, können die Bohrungen auch größer ausgeführt und nachträglich mit einer z.B. eingeklebten oder eingesetzten Hülse versehen werden. Die einfacher zu bearbeitenden Hülsen sind dann entlang ihrer Längsachse mit einem Kanal mit dem gewünschten Durchmesser (beispielsweise 1 mm) zu versehen.

[0028] Die zu bearbeitenden Werkstücke, wie Platten und Bleche, weichen von ihrer idealen Sollgeometrie ab und weisen Schwankungen in der Dicke und der Ebenheit ihrer Oberfläche auf. Um die erfindungsgemäß erforderliche Genauigkeit bei der Bearbeitung von Druckplatten zu erreichen, werden diese Unregelmäßigkeiten und Abweichungen der Werkstückoberfläche bei der Berechnung der Eintauchtiefe des Gravierwerkzeugs vorzugsweise berücksichtigt. Theoretisch lassen sich beliebig große Unebenheiten im Werkstück ausgleichen. In der Praxis ist mit Abweichungen bis zu $\pm 100 \mu\text{m}$ zu rechnen, wobei Werte um $\pm 60 \mu\text{m}$ üblich sind. Dazu wird vor Beginn der Gravur das dreidimensionale Höhenprofil der Werkstückoberfläche ermittelt. Durch eine Vielzahl einzelner Messpunkte, die vorzugsweise ein sich regelmäßig über die Werkstückoberfläche erstreckendes Gitter bilden, sind die Koordinaten einzelner Stützstellen bekannt, während die Position der Werkstückoberfläche für zwischen den Messpunkten liegenden Stellen rechnerisch interpoliert werden kann. Die Anzahl der

Messpunkte kann bei 40.000 liegen. Bei gängigen Druckplattenformaten werden meist 20.000 Messpunkte ermittelt. Die Oberflächenabtastung des Werkstücks liefert somit einen Korrekturwert W_0 für die Berechnung und Steuerung der Eintauchtiefe des Gravierwerkzeugs. Diese Bewegung des Werkzeugs relativ zum Werkstück erfolgt in Richtung der z-Achse.

[0029] Einen weiteren Korrekturwert für die z-Koordinate erhält man, wenn auch die axiale Positionsveränderung der Bearbeitungsspindel berücksichtigt wird. Die während des Betriebs auftretenden axialen Positionsänderungen der Spindel haben zwei Hauptursachen. Zum einen verändert sich die Lage der Spindel in ihrem Axiallager in Abhängigkeit von der Drehzahl des Spindelantriebs und zum anderen führt eine Erwärmung der Spindel durch den Wärmeverlust des Antriebs zu einer axialen Längenausdehnung. An der Bearbeitungsspindel ist das Gravierwerkzeug z. B. mit einer Spannzange befestigt. Die beiden genannten Einflüsse führen am vorderen, werkzeugseitigen Ende zu einer axialen Positionsänderung der Bearbeitungsspindel, welche die Eintauchtiefe (d.h. die tatsächliche z-Koordinate) der Spitze des Gravierwerkzeugs verändern. Wird die axiale Position der Spindel in z-Richtung während des Betriebs fortlaufend an einem möglichst werkzeugnahen Punkt ermittelt, können diese Einflüsse durch einen entsprechenden Korrekturwert S_0 für die z-Koordinate eliminiert werden. Dadurch können lange und störende Warmlaufphasen zur Erreichung konstanter Verhältnisse unterbleiben. Vorzugsweise erfolgt die Positionsmessung direkt an der Werkzeugspitze.

[0030] Durch die beiden Korrekturwerte W_0 und S_0 für die z-Koordinate ist eine hoch präzise und reproduzierbare Bearbeitung der Werkstückoberflächen möglich, wobei insbesondere die für die Tiefdruckplattenfertigung sehr wichtige Solltiefe der bearbeiteten Bereiche präzise eingehalten werden kann.

[0031] Um bei der Werkstückbearbeitung eine vorgegebene Solltiefe exakt erreichen zu können, ist es außerdem erforderlich, die Position bzw. z-Koordinate Z_0 der Werkzeugspitze genau zu kennen. Wird die Position der Spitze im eingespannten Zustand ermittelt, ergibt sich daraus die effektive Werkzeuglänge. Wird die Position nicht nur zu Beginn eines Bearbeitungsvorgangs ermittelt, sondern in vorgegebenen Abständen (beispielsweise alle 30 min) oder vor bestimmten Bearbeitungsabschnitten auch während der Bearbeitung, kann anhand auftretender Veränderungen der Position der Werkzeugspitze auf übermäßigen Verschleiß oder Beschädigung, beispielsweise durch Bruch der Schneidkante des Gravierwerkzeugs, geschlossen werden.

[0032] Zur Ermittlung der effektiven Werkzeuglänge wird die Spitze des Gravierwerkzeugs gegen ein Messsystem gefahren und die Position der Werkzeugspitze in z-Richtung mit höchster Präzision erfasst. Für die Messung kommen vorzugsweise mechanische Messsysteme in Frage, die eine plane Anschlagfläche aufweisen, gegen die die Werkzeugspitze gefahren wird. Die Mess-

kraft sollte 0,1 N nicht überschreiten und ist vorzugsweise $\leq 0,01$ N. Solche Werte werden beispielsweise von luftgelagerten Messsternen erreicht. Auch berührungslos arbeitende optische Messsysteme, bei denen die Lage der Werkzeugspitze mittels einer geeigneten Optik und Mitteln und Methoden der Bildverarbeitung erkannt und vermessen wird, können eingesetzt werden.

[0033] Zur Erzeugung komplexer Strukturen in der Oberfläche von Druck- und Prägeplatten werden vorzugsweise Gravierwerkzeuge mit unterschiedlicher Schneidengeometrie eingesetzt. Je nach gewünschtem Effekt im Druck- oder Prägebild wird für die Gravur des betreffenden Bereichs der Platte ein geeignetes Werkzeug ausgewählt. Für die Gravur sehr feiner Strukturen werden bevorzugt Werkzeuge eingesetzt, deren Schneiden einen kleinen Spitzenradius und einen kleinen Spitzenwinkel aufweisen (beispielsweise 5 bis 50 μm und 20 bis 120°). Für das bloße Abräumen größerer Flächenbereiche werden dagegen Werkzeuge mit größerem Spitzenradius und größerem Spitzenwinkel bevorzugt. Um während der Bearbeitung einen unkomplizierten und schnellen Wechsel der Werkzeuge zu ermöglichen, wird die Maschine vorzugsweise mit einem Magazin zur Aufnahme einer Vielzahl von Werkzeugen und einer Vorrichtung für einen automatischen Werkzeugwechsel ausgestattet. Dadurch können die durch Werkzeugwechsel verursachten Unterbrechungen des Bearbeitungsprozesses auf ein Minimum reduziert und die Gesamtdauer der Druckplattenbearbeitung verkürzt werden. Das Werkzeugmagazin in Verbindung mit der Wechselvorrichtung ermöglicht nicht nur den schnellen und unkomplizierten Austausch von Werkzeugen unterschiedlicher Geometrie, sondern auch den Austausch von beschädigten oder verschlissenen Werkzeugen. In einem Magazin können beispielsweise ein Dutzend unterschiedliche und/oder gleiche Gravierstichel bereithalten werden. Das Werkzeugmagazin ist vorzugsweise starr und unbeweglich ausgeführt. D.h. bei einem Werkzeugwechsel wird nicht das Magazin bewegt, so dass das neue Werkzeug an die Werkzeughalterung herangeführt wird, sondern die Werkzeughalterung, beispielsweise eine Spannzange bewegt sich zu dem Werkzeug in der vorgesehenen Wechselposition. Um die empfindlichen Schneiden der Gravierwerkzeuge nicht zu beschädigen, sind die Werkzeuge beim Wechseln so zu führen und im Magazin so zu fixieren, dass die Schneidkanten nicht berührt werden.

[0034] Die Gravierwerkzeuge werden vorzugsweise aus verschleißfestem Material hergestellt. Hierfür kommen beispielsweise gesinterte Hartmetalle in Frage, aber auch keramische Schneidwerkzeuge oder solche aus hochlegierten Werkzeugstählen mit einer diamantbeschichteten Schneide oder einer Schneide, die vollständig aus Diamantmaterial gefertigt wurde. Vorzugsweise ist die Härte des Gravierwerkzeugs ca. 10- bis 20-fach höher als die Härte des bearbeiteten Werkstücks (bezogen auf die Vickers-Härte).

[0035] Die Einheit aus Werkzeug, Werkzeughalterung

und Werkzeugantrieb wird auch als Bearbeitungsspindel bezeichnet. Die Bearbeitungsspindel, die Spindelhalterung und weitere Komponenten sind im Bearbeitungsmodul zusammengefasst. Das komplette Bearbeitungsmodul kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung in vertikaler Richtung, d.h. entlang der y-Achse bewegt werden. Diese Bewegung erfolgt vollkommen unabhängig von den Bewegungen entlang den anderen Achsen. Zur Gewährleistung eines störungsfreien Betriebs und dessen Kontrolle wird das Bearbeitungsmodul vorzugsweise mit verschiedenen zusätzlichen Einrichtungen ausgestattet, die nachfolgend beschrieben werden.

[0036] Wegen sehr hoher Drehzahlen des Werkzeugs und der Antriebsspindel, die mehr als 100.000/min. be tragen können, wird das erforderliche Kühlmittel nicht als Flüssigkeitsstrahl zugeführt, sondern als Sprühnebel von einer oder mehreren Sprühvorrichtungen unter regelbarem, hohem Druck in den Arbeitsbereich der Werkzeugschneide eingesprührt. Beispielsweise auf der den Sprühvorrichtungen gegenüberliegenden Seite des Werkzeugs wird vorzugsweise eine Absaugvorrichtung montiert, wodurch die ungewollte Ausbreitung von Sprühnebeln verhindert wird. Als Kühlmedium werden vorzugsweise Fettalkohole eingesetzt.

[0037] Zur in situ-Überwachung des Gravievorgangs wird der Bearbeitungsmodul vorzugsweise mit einer Beobachtungseinrichtung ausgestattet. Diese kann beispielsweise aus einem Video-Mikroskop bestehen, das über einen Winkelspiegel auf den Bearbeitungsbereich gerichtet ist. Um für ausreichende und konstante Beleuchtungsverhältnisse zu sorgen, kann der Bearbeitungsbereich durch zusätzliche, ebenfalls am Bearbeitungsmodul befestigte Beleuchtungsmittel ausgeleuchtet werden. Hierfür eignen sich beispielsweise flexible Lichtleiter.

[0038] Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird vorzugsweise mit einer zweiten Beobachtungsvorrichtung ausgestattet, die ebenfalls am Bearbeitungsmodul montiert sein kann. Diese zweite Vorrichtung ist so ausgebildet, dass sie in der erforderlichen Genauigkeit zur Vermessung der bearbeiteten Werkstückoberfläche bzw. der erzeugten Gravuren eingesetzt werden kann. Auch diese zweite optische Einrichtung kann als Video-Mikroskop ausgeführt sein. Die Betrachtungsrichtung der optischen Vermessungseinheit ist vorzugsweise senkrecht auf die Werkstückoberfläche gerichtet.

[0039] Zur Vermeidung ungewollter und unkontrollierter Positionsänderungen im Bereich des Bearbeitungsmoduls aufgrund von Temperaturschwankungen kann beispielsweise die Halterung der Bearbeitungsspindel durch einen Regelkreislauf auf konstanter Temperatur gehalten werden und/oder aus einem Material mit niedrigem Wärmeausdehnungs-Koeffizienten gefertigt sein. Hierfür kommen beispielsweise Naturstein, wie Granit, oder Eisennickellegierungen, wie Invar, in Betracht.

[0040] Mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine sehr hohe Bearbeitungsgenauigkeit und eine äußerst gute Reproduzierbarkeit bei der Herstellung von

Druckplatten gewährleistet, was folglich die Produktions sicherheit erhöht und so wiederum die Produktivität verbessert. Gerade bei sehr großen Druckplatten mit komplexen Strukturen macht sich dies positiv bemerkbar. Originale für die klassische Abformung der für die eigentliche Produktion eingesetzten Druckplatten können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren mit bisher nicht möglicher, höchster Präzision, also fast identisch reproduziert werden, falls die ursprünglichen Originale verschlissen oder beschädigt sind.

[0041] Werden lasierenden Druckfarben verwendet, können hoch präzise gravierte Druck- bzw. Prägeplatten zur Steuerung des Farbtones im Druckbild vorteilhaft eingesetzt werden. Je tiefer die Gravur in der Druckplatte ist, desto mehr Farbe kann sie aufnehmen und um so mehr Farbe wird auf das zu bedruckende Substrat, meist Papier, übertragen. Je mehr Farbe übertragen wird, um so dunkler fällt der Farbton auf dem Substrat aus und umgekehrt. Insbesondere bei sehr hellen Farbtönen können bereits geringe Schwankungen in der Gravurtiefe zu Schwankungen im Farbton führen. Umso wichtiger ist es daher, ein exakt bestimmbarer Gravurtiefe in der Druckplatte erzeugen zu können, wie sie die erfindungsgemäße Druckplatte aufweist.

[0042] Weitere Vorteile und Ausführungsformen werden anhand der Figuren näher erläutert. Es wird darauf hingewiesen, dass die Figuren lediglich schematisch den Aufbau der erfindungsgemäßen Bearbeitungsvorrichtung oder einzelner Komponenten darstellen. Die in den Figuren gezeigten Proportionen entsprechen nicht unbedingt den in der Realität vorliegenden Verhältnissen und dienen vornehmlich der Veranschaulichung. Dabei zeigt

35 Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Gra- viermaschine,

Fig. 2 die Graviermaschine gemäß Fig. 1 aus einer anderen Ansicht,

40 Fig. 3 eine Ansaugplatte als Vakuumssparulvorrichtung für die Werk- stücke in Aufsicht,

45 Fig. 4 einen Querschnitt durch eine Ansaugplatte gemäß Fig. 3,

Fig. 5 ein Bearbeitungsmodul einer erfindungsgemäßen Gravierma- schine mit Zusatzeinrichtungen in Aufsicht,

50 Fig. 6 ein Detail des Werkzeugmagazins im Quer schnitt.

[0043] Die Fig. 1 und 2 zeigen in unterschiedlicher perspektivischer Ansicht und in schematischer Art und Weise den grundsätzlichen Aufbau einer Mikrobearbeitungs maschine 1 mit einem Dreiachsensystem (x, y, z) für die Präzisionsgravur von Stichtiefdruckoriginalen. In das

Maschinenbett 2 ist eine geradlinig ausgeführte Nut 3 eingearbeitet. Die Ausrichtung dieser Nut 3 entspricht der x-Achse. In der Nut 3 des Maschinenbetts 2 wird der Kreuztisch 4 geführt und dadurch entlang der x-Achse bewegt. Auch der Kreuztisch 4 weist eine Nut 5 auf, deren Ausrichtung der z-Achse entspricht und die exakt senkrecht zur Nut 3 und damit zur x-Achse positioniert ist. In der Nut 5 des Kreuztischs wird eine Halterung 6 geführt, welche die Ansaugplatte 7 aufnimmt. Die Ansaugplatte 7 dient als eigentliche Werkstückhalterung, auf der die zu bearbeitenden Platten mittels Unterdruck gespannt werden. Sie steht senkrecht auf der Ebene, die durch die x- und z-Achse gebildet wird. An der Halterung 6 kann auch das Werkzeugmagazin 8 angebracht sein, das zur Aufnahme einer Vielzahl von Gravierwerkzeugen dient. Auf dem Maschinenbett 2 ist ferner ein säulenförmiger Vertikalträger 9 angeordnet, der eine vertikal verlaufende Nut 10 aufweist, die sich entlang der y-Achse erstreckt. In dieser Nut 10 wird das Bearbeitungsmodul 11 geführt, welches auch das Gravierwerkzeug umfasst. Anstatt der Nut kann auch eine Führungssäule mit Käfigläufer, parallel zum Vertikalträger 9, zur Ausbildung der y-Achse verwendet werden. In der Nut des Vertikalträgers wird dann der Linearmotor untergebracht. Vorteil dieser Anordnung ist der leichte Käfigläufer mit optimaler Kraftverteilung.

[0044] Das Maschinenbett 2, der Kreuztisch 4, die Halterung 6, die Ansaugplatte 7 und der Vertikalträger 9 werden vorzugsweise aus Naturhartstein, wie Granit, gefertigt. Ihre Oberflächen sind zumindest in den Bereichen, auf denen andere Maschinenkomponenten bewegt werden, extrem plan ausgeführt, vorzugsweise geschliffen und geläppt. Die jeweils senkrecht zueinander angeordneten Nuten 3, 5 und 10 nehmen die in den Fig. 1 und 2 nicht dargestellten Linearmotoren und die hydrostatischen Lager auf. Diese Lager und Antriebe erlauben bei einer Wiederholgenauigkeit von ca. $\pm 0,5 \mu\text{m}$ und besser eine absolute Positioniergenauigkeit im Bereich von $\pm 5 \mu\text{m}$ und besser. Außerdem wird durch eine solche Kombination der so genannte "Stick-Slip-Effekt" vermieden und es wird ein freies und sehr gleichmäßigen Anfahren und Bewegen entlang der drei Achsen ermöglicht. Da jede Achse mit einem eigenen Antrieb ausgestattet ist, können die Bewegungen voneinander unabhängig erfolgen. Durch die geschilderte Anordnung ist insbesondere gewährleistet, dass eine Vertikalbewegung des Werkzeugs entlang der y-Achse vollkommen unabhängig und unbeeinflusst von einer Horizontalbewegung des Werkstücks in der x-z-Ebene ist.

[0045] Um die Übertragung von Schwingungen zu vermeiden, ist die gesamte Maschine auf Dämpfungselemente, beispielsweise Lufffederelemente 12, gestellt.

[0046] In Fig. 3 ist die Ansaugplatte 7 in Aufsicht dargestellt. Eine Oberfläche der Ansaugplatte 7 ist im Abstand a, der beispielsweise ca. 10 mm betragen kann, mit Ansaugöffnungen 20 versehen, durch die ein Werkstück auf der Plattenoberfläche fixiert wird. Die Ansaugöffnungen erstrecken sich über die gesamte Oberfläche,

sind in der Zeichnung jedoch nur in der linken oberen Ecke der Ansaugplatte 7 dargestellt. Die Ansaugplatte 7 wird vorzugsweise so dimensioniert, dass die von den Ansaugöffnungen 20 erfasste Aufspannfläche eine Abmessung von 500 x 600 mm aufweist und dadurch auch die Bearbeitung verhältnismäßig großer Druckplattenoriginals ermöglicht. Die Aufspannfläche wird vorzugsweise in einzelne Quadranten unterteilt, die in Fig. 3 mit I bis IV bezeichnet sind. Die einzelnen Quadranten können eine unterschiedliche Größe haben und sie sind einzeln und unabhängig voneinander ansteuerbar. Dadurch ist es möglich, Platten bzw. Werkstücke unterschiedlicher Abmessungen aufzuspannen, ohne die einzelnen nicht benötigten Ansaugöffnungen 20 abdecken zu müssen. Die Aufteilung in die einzelnen Quadranten erfolgt vorzugsweise derart, dass in einem Quadrant, beispielsweise I, auch kleine Platten mit einer Standardabmessung von 250 x 250 mm ohne zusätzliche Abdeckung aufgespannt werden können.

[0047] In Fig. 4 ist ein Ausschnitt aus einem Querschnitt durch die Ansaugplatte 7 dargestellt. Die Ansaugöffnungen 20 sind über Bohrungen 22 mit Unterdruckkanälen 23 verbunden, die zeilen- oder spaltenförmig durch die Ansaugplatte 7 verlaufen können. Um eine mechanische Schwächung der Ansaugplatte 7 zu vermeiden, werden die Unterdruckkanäle 23 vorzugsweise versetzt angeordnet, so dass sie in unterschiedlich tiefen Ebenen verlaufen.

[0048] Um auch sehr dünne und mechanisch wenig stabile Werkstücke einer Präzisionsbearbeitung unterziehen zu können, ist es erforderlich, dass diese sich im Bereich der Ansaugöffnungen nicht durchbiegen. Die Ansaugöffnungen 20 werden deshalb möglichst klein ausgeführt und haben beispielsweise einen Durchmesser von ca. 1 mm. Bei der bevorzugten Ausführungsform der Ansaugplatte in Naturhartstein, kann es jedoch Probleme bereiten, derart kleine Öffnungen in großer Anzahl in die Oberfläche einzubringen. Deshalb wird die Aufspannfläche mit den Unterdruckkanälen 23 zunächst durch Bohrungen 22 verbunden, die einen größeren Durchmesser aufweisen und dadurch leichter zu fertigen sind. Vorzugsweise werden wenigstens zwei Reihen von Bohrungen 22 mit einem Unterdruckkanal 23 verbunden. Dadurch wird vermieden, daß die Ansaugplatte durch eine zu große Anzahl von Kanälen 23 mechanisch zu sehr geschwächt wird. Die Austrittsöffnungen der Bohrungen 22 an der Aufspannfläche werden mit zusätzlichen eingepressten oder eingeklebten Hülsen, vorzugsweise aus Messing, versehen, die die effektive Austrittsöffnung verkleinern. Der innere Hülsendurchmesser bildet die eigentliche Ansaugöffnung 20. Die Aufspannfläche der Ansaugplatte 7 kann nach dem Einbringen der Hülsen 21 geläppt werden, wodurch auch bei dieser bevorzugten Ausführungsform eine exakte Planebenheit der Aufspannfläche gewährleistet ist.

[0049] Fig. 5 zeigt eine Aufsicht auf das Bearbeitungsmodul 11, die in der Darstellung von Fig. 2 in Richtung der z-Achse erfolgt. Das Bearbeitungsmodul 11 umfasst

unter anderem die Bearbeitungsspindel 30, auf der sich eine Spannzange mit dem Gravierwerkzeug 31 befindet. Als Zusatzeinrichtung werden vorzugsweise vorgesehen: Sprühdüsen 32 zur Zuführung eines Kühl- und/oder Schmiermediums, die auf die Spitze des Gravierwerkzeugs 31 ausgerichtet werden, und eine Absaugvorrichtung 33, um Sprühnebel des Kühl- oder Schmiermittels sowie Späne abzuführen. In geringem Abstand vor der werkzeugseitigen Stirnfläche der Bearbeitungsspindel 30 wird vorzugsweise ein berührungslos arbeitender Abstandssensor 34 angeordnet. Geeignete Abstandssensoren sind beispielsweise Wirbelstromsensoren, kapazitive Abstandssensoren oder Lichttaster. Diese messen das Längenwachstum, also die axiale Positionsveränderung der Bearbeitungsspindel in Richtung der z-Achse und liefern den Korrekturwert S0 für die z-Koordinate. Das Auflösungsvermögen solcher Abstandssensoren für die Messung der Längenveränderung der Bearbeitungsspindel beträgt ca. 0,1 µm.

[0050] Zur Beobachtung des Antastens der Gravierwerkzeugspitze auf der Werkstückoberfläche, des eigentlichen Bearbeitungsvorgangs, und zur genauen Vermessung der erzeugten Gravuren, ohne das Werkstück abspannen zu müssen, wird das Bearbeitungsmodul 11 mit Beobachtungseinrichtungen 35, 36 ausgestattet. Für das Beobachten des Antastens sowie der in-situ-Beobachtung des Bearbeitungsvorganges ist ein Videomikroskop 35 über einen Winkelspiegel auf die Werkzeugspitze und den Bearbeitungsbereich ausgerichtet. Für eine ausreichende Ausleuchtung des beobachteten Bereichs sorgt als Beleuchtungsmittel 37 beispielsweise ein flexibler Lichtleiter. Das Bildsignal des Videomikroskops 35 wird an einen Monitor weitergeleitet und ermöglicht eine Wiedergabe mit einer vorzugsweise 50- bis 100-fachen Gesamtvergrößerung. Als Präzisionsvermessungssystem für die erzeugten Gravuren kann ein weiteres Videomikroskop 36 in Richtung der z-Achse auf die Werkstückoberfläche gerichtet werden. Dieses Vermessungssystem wird vorzugsweise mit einem weiteren Beleuchtungsmittel 38 und zum Schutz des Objektivs mit einer drehbaren Abdeckung ausgestattet. Zur Vermessung kann die Abdeckung so gedreht werden, dass die Öffnung 39 das Objektiv freilegt. Das Vermessungssystem ermöglicht beispielsweise durch einen angeschlossenen Monitor, vorzugsweise ein Computer mit Framegrabber und Bildverarbeitungssoftware, die präzise Vermessung auch feinster Gravuren durch eine ca. 400- bis 600-fache Gesamtvergrößerung.

[0051] Das gesamte Bearbeitungsmodul 11 wird auf dem Vertikalträger 9 in der Nut 10 bzw. an der Führungs- säule geführt und durch einen Linearmotor in Richtung der y-Achse auf dem Vertikalträger bewegt.

[0052] In Fig. 6 ist in schematischer Weise der automatische Werkzeugwechsel im Werkzeugmagazin 8 dargestellt. Es wird ein Ausschnitt aus einem Querschnitt durch das Werkzeugmagazin 8 wiedergegeben, durch den die Lagerung und Positionierung des Gravierwerkzeugs 31 verdeutlicht wird. Für die Präzisionsbearbei-

tung muss das Gravierwerkzeug mit einer vorgegebenen, überstehenden Länge in die Werkzeughalterung eingespannt werden. Dafür ist es erforderlich, die Werkzeuge so zu lagern, dass die Bearbeitungsspitze eine definierte Position einnimmt. Andererseits muss gewährleistet sein, dass die empfindliche Werkzeugschneide unbeschädigt ist und deshalb berührungslos gelagert wird. Das Gravierwerkzeug 31 kann bei dem automatisierten Werkzeugwechsel durch eine Öffnung 40, die etwas größer als der Werkzeugdurchmesser ausgeführt ist, mit der Bearbeitungsspitze in einen Hohlraum des Werkzeugmagazins 8 eingeführt werden. Nach dem Durchtritt durch die Öffnung 40 wird das Werkzeug 31 durch ein Klemmelement 42 geführt und von diesem durch Kraftschluss fixiert. Das Klemmelement 42 wird bevorzugt als Gummi-O-Ring ausgeführt. In dem Hohlraum ist eine z.B. als Messingbuchse ausgeführte Schiebehülse 44 in der Richtung, in der die Werkzeugentnahme und -zuführung stattfindet, durch ein Federelement 45 beweglich gelagert. Seitwärts gerichtete Bewegungen der Schiebehülse 44 sind durch die stützenden Wandungen des Hohlraums nicht möglich. Die Schiebehülse 44 bildet für das schneidenseitige Ende des Gravierwerkzeugs 31 einen Anschlag und positioniert das eingeführte Werkzeug in einer definierten, vorgegebenen Position. Durch eine zentrale Bohrung in der Schiebehülse 44 ist gewährleistet, dass die Schneide an der Spitze des Gravierwerkzeugs 31 berührungslos gelagert ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Stichtiefdruckdruckplatten durch mechanische Gravur, wobei die Bearbeitung mittels mindestens drei freien, unabhängig voneinander bewegbaren Achsen erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperaturen wichtiger Komponenten laufend überwacht und gegebenenfalls geregelt werden, so dass über den Bearbeitungszeitraum eine ausreichende thermische Stabilisierung erfolgt, und dass ein Werkstück mit samt einer Werkstückhalterung durch zwei voneinander unabhängige Antriebe in der Horizontalen entlang einer x- und z-Achse bewegt wird und eine vorgegebene y-Koordinate durch eine Vertikalbewegung eines Werkzeugs bzw. eines Bearbeitungsmoduls eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungen entlang der Achsen auf hydrostatischen Lagern geführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur der hydrostatischen Lager und/oder vorzugsweise deren Hydrauliköl geregelt wird.
4. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1

- bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungen und Positionierungen entlang der Achsen durch Linearmotoren erfolgen.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur der Linearmotoren geregelt wird. 5
6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckplatte während der Bearbeitung von einer Ansaugplatte gehalten wird. 10
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur der Ansaugplatte geregelt wird. 15
8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gravierwerkzeug von einer Bearbeitungsspindel mit einer Drehzahl von ≥ 100.000 UpM angetrieben wird. 20
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur der Bearbeitungsspindel und/ oder der Spindelhalterung geregelt wird. 25
10. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelgenauigkeit für eine oder mehrere, vorzugsweise alle der Temperaturen $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ ist. 30
11. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor Beginn der Bearbeitung die tatsächliche Position der Oberfläche des eingespannten Werkstücks ermittelt wird (W0). 35
12. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor Beginn und gegebenenfalls auch während der Bearbeitung die tatsächliche Position der Schneide des eingespannten Gravierwerkzeugs ermittelt wird (Z0). 40
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position der Schneide mittels eines luftgelagerten Messtasters ermittelt wird. 45
14. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Bearbeitung die axiale Position der Bearbeitungsspindel ermittelt wird (S0). 50
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position der Bearbeitungsspindel mittels eines Wirbelstromsensors gemessen wird. 55
16. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine, vorzugsweise alle der nachfolgenden Größen während der Druckplattenbearbeitung protokolliert bzw. aufgezeichnet werden: Zeit, Raumkoordinaten (x,y,z), Unterdruck der Ansaugplatte, Temperaturen der geregelten Komponenten, Raumtemperatur, axiale Positionsänderung der Bearbeitungsspindel (SO), effektive Werkzeuglänge (Z0), Position der Werkstückoberfläche (W0). 10
17. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bearbeitungsvorgang durch eine optische Beobachtungseinrichtung kontrolliert wird. 15
18. Vorrichtung zur Herstellung von Stichtiefdruckdruckplatten durch mechanische Gravur, wobei die Vorrichtung mindestens drei freie, unabhängig voneinander bewegbare Bewegungssachsen aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel aufweist, um die Temperaturen wichtiger Komponenten laufend zu überwachen und gegebenenfalls zu regeln, so dass über den Bearbeitungszeitraum eine ausreichende thermische Stabilisierung erfolgt, und dass ein Werkstück mit samt einer Werkstückhalterung durch zwei voneinander unabhängige Antriebe in der Horizontalen entlang einer x- und z-Achse bewegbar ist und eine vorgegebene y-Koordinate durch eine Vertikalbewegung eines Werkzeugs bzw. eines Bearbeitungsmoduls einstellbar ist. 20
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vertikalbewegung mechanisch von der Horizontalbewegung vollständig entkoppelt ist. 25
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungssachsen hydrostatische Lager aufweisen. 30
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Temperaturregelung für die hydrostatischen Lager und/oder vorzugsweise deren Hydrauliköl aufweist. 35
22. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 18 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zur Bewegung und Positionierung entlang der Achsen Linearmotoren aufweist. 40
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Temperaturregelung für die Linearmotoren aufweist. 45
24. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 18 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zur Halterung der Druckplatte eine Ansaugplatte auf- 50

- weist.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Temperaturregelung für die Ansaugplatte aufweist. 5
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 oder 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansaugplatte auf ihrer Spannfläche Bohrungen aufweist, in denen Hülsen befestigt sind, und die Innendurchmesser der Hülsen die Ansaugöffnungen bilden. 10
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansaugöffnungen der Ansaugplatte einen Durchmesser von 0,5 bis 2 mm, vorzugsweise 1 mm aufweisen. 15
28. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 18 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Temperaturregelung für die Bearbeitungsspindel aufweist. 20
29. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 18 bis 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel zur Abtastung und Erfassung der Position der Oberfläche des eingespannten Werkstücks aufweist. 25
30. Vorrichtung nach den Ansprüchen 28 oder 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel zur Erfassung der axialen Position der Bearbeitungsspindel aufweist. 30
31. Vorrichtung nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zur Positionsbestimmung einen Wirbelstromsensor aufweist. 35
32. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 18 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel zur Erfassung der Position der Schneide des eingespannten Gravierwerkzeugs aufweist. 40
33. Vorrichtung nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zur Positionsbestimmung einen luftgelagerten Messtaster aufweist. 45
34. Vorrichtung nach Anspruch 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messkraft des Messtasters $\leq 0,1$ N ist.
35. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 18 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel für einen automatisierten Werkzeugwechsel aufweist. 50
36. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 18 bis 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Werkzeugmagazin aufweist, das eine Mehrzahl von Gravierwerkzeugen aufnehmen kann. 55
37. Vorrichtung nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schneiden der Gravierwerkzeuge in dem Magazin in einer definierten Position und berührungslos gelagert werden.
38. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 18 bis 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine optische Beobachtungseinrichtung für den Bearbeitungsvorgang aufweist.
39. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 18 bis 38, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Beobachtungseinrichtung für die optische Vermessung der erzeugten Gravuren aufweist.
40. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 24 bis 39, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansaugplatte aus Naturstein, vorzugsweise Granit, besteht.

Claims

1. A method for producing intaglio printing plates by mechanical engraving, wherein the machining is effected by means of at least three free axes movable independently of each other, **characterized in that** the temperatures of important components are continually monitored and if necessary regulated, so that a sufficient thermal stabilization is effected over the machining time period, and that a workpiece is moved together with a workpiece mount in the horizontal along an x- and z-axis by two mutually independent drives, and a specified y-coordinate is adjusted by a vertical motion of a tool or a machining module.
2. The method according to claim 1, **characterized in that** the motions along the axes are guided on hydrostatic bearings.
3. The method according to claim 2, **characterized in that** the temperature of the hydrostatic bearings and/or preferably their hydraulic oil is regulated.
4. The method according to at least one of claims 1 to 3, **characterized in that** the motions and positionings along the axes are effected by linear motors.
5. The method according to claim 4, **characterized in that** the temperature of the linear motors is regulated.
6. The method according to at least one of claims 1 to 5, **characterized in that** the printing plate is held by a suction plate during machining.
7. The method according to claim 6, **characterized in**

- that** the temperature of the suction plate is regulated.
8. The method according to at least one of claims 1 to 7, **characterized in that** the engraving tool is driven by a machining spindle with a speed of $\geq 100,000$ rpm. 5
9. The method according to claim 8, **characterized in that** the temperature of the machining spindle and/or of the spindle mount is regulated.
10. The method according to at least one of claims 3 to 9, **characterized in that** the regulation accuracy for one or several, preferably all, of the temperatures is $\leq \pm 1^\circ\text{C}$. 15
11. The method according to at least one of claims 1 to 10, **characterized in that** before the onset of machining the actual position of the surface of the clamped workpiece is ascertained (W0). 20
12. The method according to at least one of claims 1 to 11, **characterized in that** before the onset of, and optionally also during, machining the actual position of the cutter of the clamped engraving tool is ascertained (Z0). 25
13. The method according to claim 12, **characterized in that** the position of the cutter is ascertained by means of an air-suspended probe.
14. The method according to at least one of claims 8 and 9, **characterized in that** during machining the axial position of the machining spindle is ascertained (S0).
15. The method according to claim 14, **characterized in that** the position of the machining spindle is measured by means of an eddy current sensor. 30
16. The method according to at least one of claims 1 to 15, **characterized in that** at least one, preferably all, of the following quantities are logged or recorded during printing-plate machining: time, space coordinates (x, y, z), vacuum of the suction plate, temperatures of the regulated components, ambient temperature, axial position change of the machining spindle (S0), effective tool length (Z0), position of the workpiece surface (W0). 40
17. The method according to at least one of claims 1 to 16, **characterized in that** the machining process is checked by an optical observation device. 45
18. An apparatus for producing intaglio printing plates by mechanical engraving, wherein the apparatus has at least three free axes of motion movable independently of each other, **characterized in that** it has means for continually monitoring and if necessary regulating the temperatures of important components, so that a sufficient thermal stabilization is effected over the machining time period, and that a workpiece is movable together with a workpiece mount in the horizontal along an x- and z-axis by two mutually independent drives, and a specified y-coordinate is adjusted by a vertical motion of a tool or a machining module. 55
19. The apparatus according to claim 18, **characterized in that** the vertical motion is completely decoupled mechanically from the horizontal motion.
20. The apparatus according to claim 18 or 19, **characterized in that** the axes of motion have hydrostatic bearings.
21. The apparatus according to claim 20, **characterized in that** it has a temperature regulation for the hydrostatic bearings and/or preferably their hydraulic oil. 20
22. The apparatus according to at least one of claims 18 to 21, **characterized in that** it has linear motors for moving and positioning along the axes.
23. The apparatus according to claim 22, **characterized in that** it has a temperature regulation for the linear motors. 25
24. The apparatus according to at least one of claims 18 to 23, **characterized in that** it has a suction plate for holding the printing plate.
25. The apparatus according to claim 24, **characterized in that** it has a temperature regulation for the suction plate. 30
26. The apparatus according to either of claims 24 and 25, **characterized in that** on its clamping surface the suction plate has bores in which sleeves are fastened, and the inside diameters of the sleeves constitute the suction openings.
27. The apparatus according to any of claims 24 to 26, **characterized in that** the suction openings of the suction plate have a diameter of 0.5 to 2 mm, preferably 1 mm. 40
28. The apparatus according to at least one of claims 18 to 27, **characterized in that** it has a temperature regulation for the machining spindle.
29. The apparatus according to at least one of claims 18 to 28, **characterized in that** it has means for scanning and capturing the position of the surface of the clamped workpiece. 45
30. The apparatus according to claims 28 or 29, **char-**

- acterized in that** it has means for capturing the axial position of the machining spindle.
31. The apparatus according to claim 30, **characterized in that** it has an eddy current sensor for the position determination. 5
32. The apparatus according to at least one of claims 18 to 31, **characterized in that** it has means for capturing the position of the cutter of the clamped engraving tool. 10
33. The apparatus according to claim 32, **characterized in that** it has an air-suspended probe for the position determination. 15
34. The apparatus according to claim 33, **characterized in that** the measuring force of the probe is ≤ 0.1 N. 20
35. The apparatus according to at least one of claims 18 to 34, **characterized in that** it has means for an automated tool change. 25
36. The apparatus according to at least one of claims 18 to 35, **characterized in that** it has a tool magazine which can receive a plurality of engraving tools. 30
37. The apparatus according to claim 36, **characterized in that** the cutters of the engraving tools are mounted in the magazine in a defined position and contactlessly. 35
38. The apparatus according to at least one of claims 18 to 37, **characterized in that** it has an optical observation device for the machining process. 40
39. The apparatus according to at least one of claims 18 to 38, **characterized in that** it has an observation device for the optical measurement of the produced engravings. 45
40. The apparatus according to at least one of claims 24 to 39, **characterized in that** the suction plate is made of natural stone, preferably granite. 50
- Revendications**
1. Procédé de fabrication, par gravure mécanique, de plaques d'impression en creux par gravure, l'usinage ayant lieu au moyen d'au moins trois axes libres déplaçables indépendamment les uns des autres, **caractérisé en ce que** les températures de composantes importantes sont continûment surveillées et le cas échéant régulées, de telle sorte qu'une stabilisation thermique suffisante couvrant la période d'usinage a lieu, et qu'une pièce y compris un porte-pièce est déplacée à l'horizontale le long d'un axe x et z par deux entraînements indépendants l'un de l'autre et qu'une coordonnée y donnée est réglée par un déplacement vertical d'un outil ou d'un module d'usinage. 55
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les déplacements le long des axes sont guidés sur des paliers hydrostatiques.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la température des paliers hydrostatiques et/ou de préférence de leur huile hydraulique est régulée.
4. Procédé selon au moins une des revendications de 1 à 3, **caractérisé en ce que** les déplacements et positionnements le long des axes ont lieu par l'intermédiaire de moteurs linéaires.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la température des moteurs linéaires est régulée.
6. Procédé selon au moins une des revendications de 1 à 5, **caractérisé en ce que** la plaque d'impression est tenue par une plaque de succion pendant l'usinage.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la température de la plaque de succion est régulée.
8. Procédé selon au moins une des revendications de 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'outil de gravure est entraîné par une broche d'usinage à une vitesse de rotation de ≥ 100.000 t/min.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la température de la broche d'usinage et/ou du porte-broche est régulée.
10. Procédé selon au moins une des revendications de 3 à 9, **caractérisé en ce que** la précision de régulation pour une ou plusieurs, de préférence pour toutes des températures, est de $\leq \pm 1^\circ$ C.
11. Procédé selon au moins une des revendications de 1 à 10, **caractérisé en ce que**, avant le commencement de l'usinage, la position réelle de la surface de la pièce à travailler serrée est repérée (W0).
12. Procédé selon au moins une des revendications de 1 à 11, **caractérisé en ce que**, avant le commencement de l'usinage et le cas échéant aussi pendant ce dernier, la position réelle du tranchant de l'outil de gravure serré est repérée (Z0).
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** la position du tranchant est repérée au moyen

d'un palpeur de mesure sur coussin d'air.

14. Procédé selon au moins une des revendications 8 ou 9, **caractérisé en ce que**, pendant l'usinage, la position axiale de la broche d'usinage est repérée (S0).

15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la position de la broche d'usinage est mesurée au moyen d'un capteur à courants de Foucault.

16. Procédé selon au moins une des revendications de 1 à 15, **caractérisé en ce qu'au moins une, de préférence toutes des grandeurs suivantes sont relevées ou enregistrées pendant l'usinage de la plaque d'impression: heure, coordonnées spatiales (x,y,z), pression négative de la plaque de succion, températures des composantes régulées, température ambiante, modification axiale de position de la broche d'usinage (S0), longueur effective d'outil (Z0), position de la surface de la pièce à travailler (W0).**

17. Procédé selon au moins une des revendications de 1 à 16, **caractérisé en ce que** le processus d'usinage est contrôlé par un équipement d'observation optique.

18. Dispositif de fabrication, par gravure mécanique, de plaques d'impression en creux par gravure, le dispositif comportant au moins trois axes de déplacement libres déplaçables indépendamment les uns des autres, **caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de continûment surveiller et le cas échéant réguler les températures de composantes importantes, de telle sorte qu'une stabilisation thermique suffisante couvrant la période d'usinage a lieu, et qu'une pièce y compris un porte-pièce est déplaçable à l'horizontale le long d'un axe x et z par deux entraînements indépendants l'un de l'autre et qu'une coordonnée y donnée est réglable par un déplacement vertical d'un outil ou d'un module d'usinage.**

19. Dispositif selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** le déplacement vertical est entièrement découplé mécaniquement du déplacement horizontal.

20. Dispositif selon la revendication 18 ou 19, **caractérisé en ce que** les axes de déplacement comportent des paliers hydrostatiques.

21. Dispositif selon la revendication 20, **caractérisé en ce qu'il comporte une régulation de température pour les paliers hydrostatiques et/ou de préférence pour leur huile hydraulique.**

22. Dispositif selon au moins une des revendications de 18 à 21, **caractérisé en ce que**, pour le déplacement et positionnement le long des axes, il comporte des

moteurs linéaires.

5 23. Dispositif selon la revendication 22, **caractérisé en ce qu'il comporte une régulation de température pour les moteurs linéaires.**

10 24. Dispositif selon au moins une des revendications de 18 à 23, **caractérisé en ce que**, pour la tenue de la plaque d'impression, il comporte une plaque de succion.

15 25. Dispositif selon la revendication 24, **caractérisé en ce qu'il comporte une régulation de température pour la plaque de succion.**

20 26. Dispositif selon une des revendications 24 ou 25, **caractérisé en ce que** la plaque de succion comporte sur sa surface de serrage des alésages dans lesquels sont fixées des douilles, et **en ce que** les diamètres intérieurs des douilles constituent les orifices de succion.

25 27. Dispositif selon une des revendications de 24 à 26, **caractérisé en ce que** les orifices de succion de la plaque de succion présentent un diamètre de 0,5 à 2 mm, de préférence 1 mm.

30 28. Dispositif selon au moins une des revendications de 18 à 27, **caractérisé en ce qu'il comporte une régulation de température pour la broche d'usinage.**

35 29. Dispositif selon au moins une des revendications de 18 à 28, **caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de balayage et de détection de la position de la surface de la pièce à travailler serrée.**

40 30. Dispositif selon les revendications 28 ou 29, **caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de détection de la position axiale de la broche d'usinage.**

45 31. Dispositif selon la revendication 30, **caractérisé en ce qu'il comporte un capteur à courants de Foucault pour la détermination de la position.**

50 32. Dispositif selon au moins une des revendications de 18 à 31, **caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de détection de la position du tranchant de l'outil de gravure serré.**

55 33. Dispositif selon la revendication 32, **caractérisé en ce que**, pour la détermination de la position, il comporte un palpeur de mesure sur coussin d'air.

34. Dispositif selon la revendication 33, **caractérisé en ce que** la force de mesure du palpeur de mesure est de $\leq 0,1$ N.

35. Dispositif selon au moins une des revendications de

18 à 34, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens pour un changement automatisé d'outil.

36. Dispositif selon au moins une des revendications de 18 à 35, **caractérisé en ce qu'il** comporte un magasin à outils qui peut accueillir une pluralité d'outils de gravure. 5
37. Dispositif selon la revendication 36, **caractérisé en ce que** les tranchants des outils de gravure sont en- 10 treposés dans le magasin dans une position définie et sans se toucher.
38. Dispositif selon au moins une des revendications de 18 à 37, **caractérisé en ce qu'il** comporte un équipement d'observation optique pour le processus 15 d'usinage.
39. Dispositif selon au moins une des revendications de 18 à 38, **caractérisé en ce qu'il** comporte un équipement d'observation pour le mesurage optique des 20 gravures générées.
40. Dispositif selon au moins une des revendications de 24 à 39, **caractérisé en ce que** la plaque de succion 25 est en pierre naturelle, de préférence en granite.

30

35

40

45

50

55

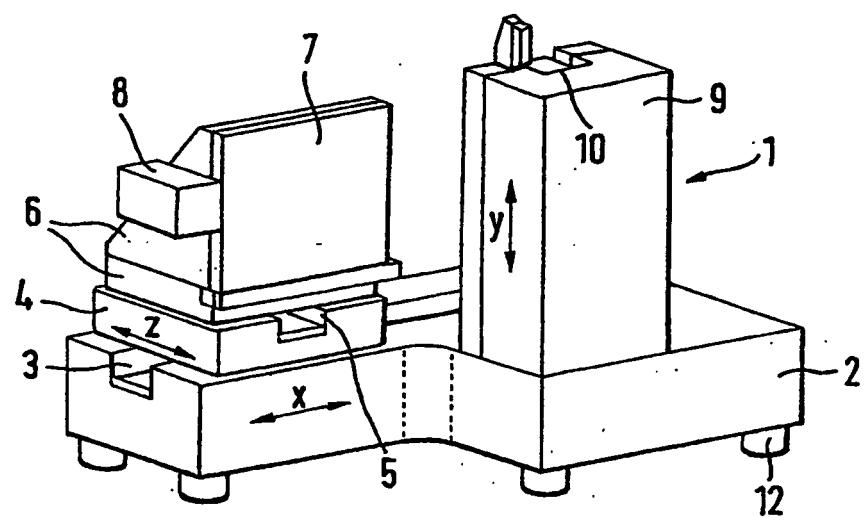


FIG.1

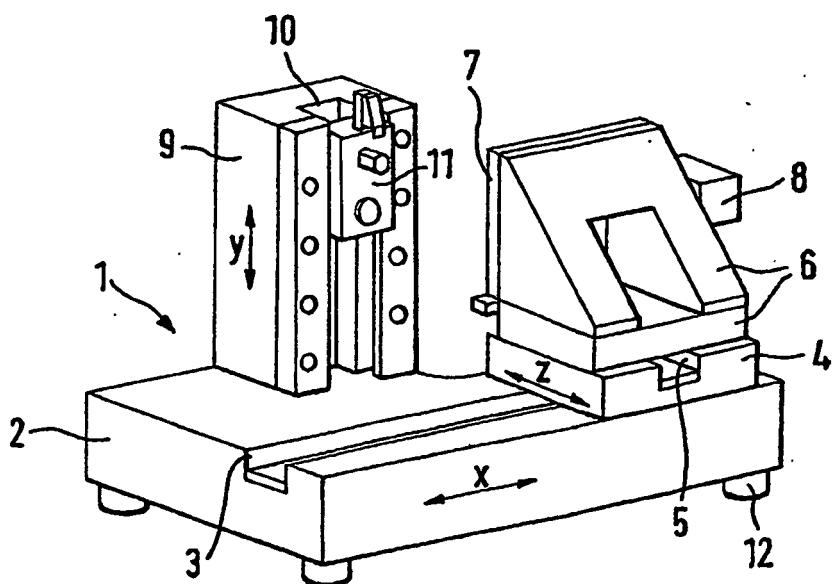


FIG.2

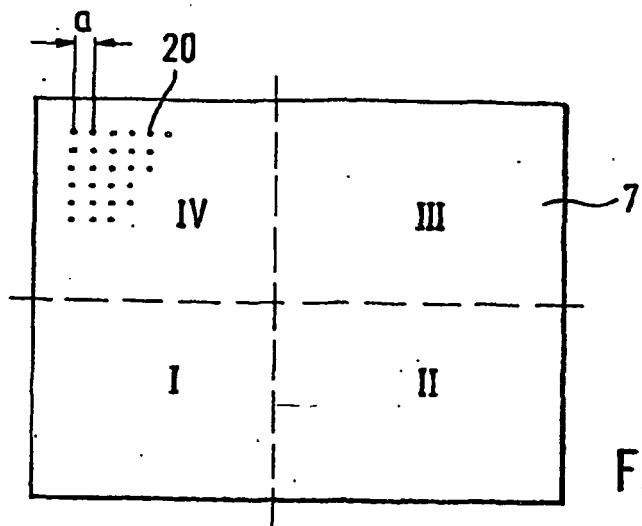


FIG.3

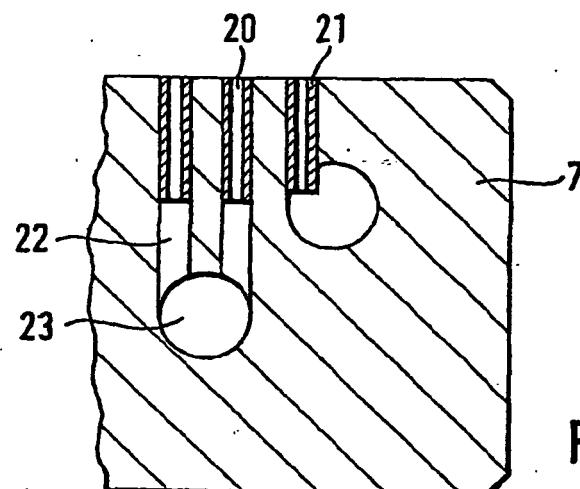


FIG.4

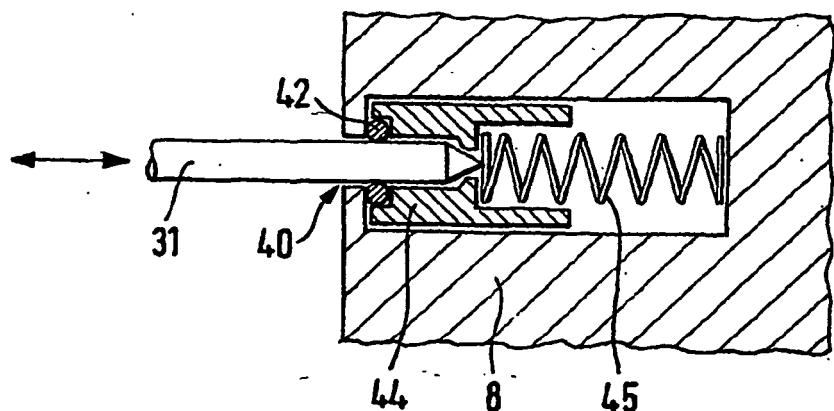
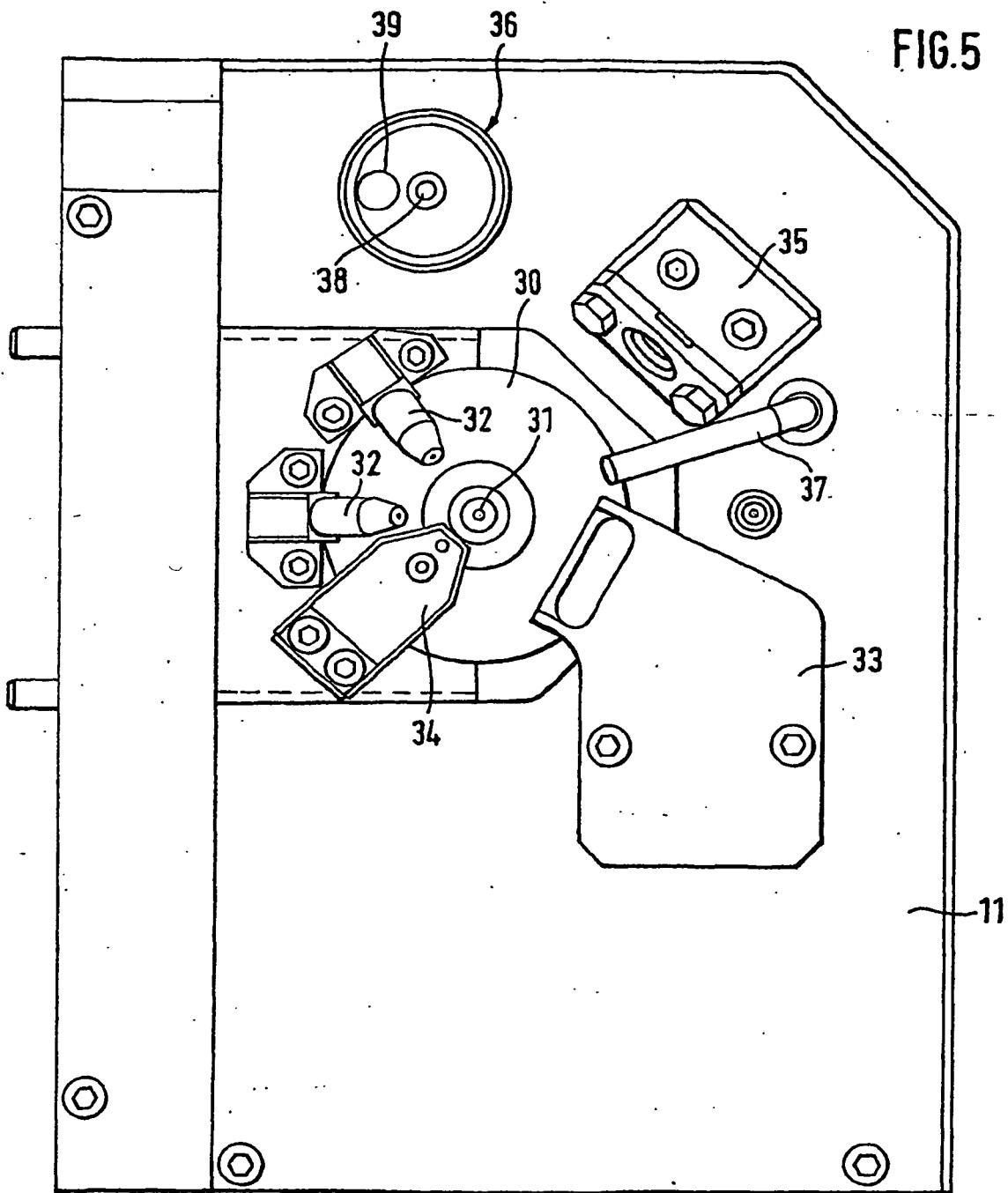


FIG.6

FIG.5



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 0076868 B1 [0008]
- WO 9748555 A [0010]
- EP 0652075 A [0011]
- WO 9930482 A1 [0012]
- DE 2508985 A1 [0013]
- WO 9907554 A1 [0013]