

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **86201300.0**

51 Int. Cl.4: **B21D 17/02**

22 Anmeldetag: **23.07.86**

30 Priorität: **09.08.85 DE 3528642**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.03.87 Patentblatt 87/10

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

71 Anmelder: **Philips Patentverwaltung GmbH**
Billstrasse 80
D-2000 Hamburg 28(DE)
 Anmelder: **N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken**
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven(NL)

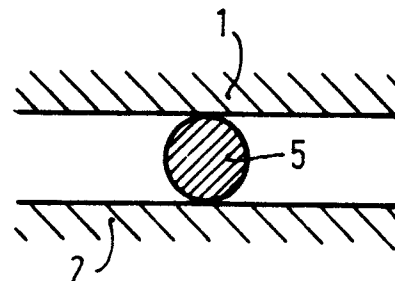
72 Erfinder: **Döring, Michael**
Hopfenweg 218
D-2000 Norderstedt(DE)
 Erfinder: **Wohlenberg, Peter**
An der Schonung 18
D-2000 Hamburg 65(DE)

74 Vertreter: **Koch, Ingo et al**
Philips Patentverwaltung GmbH Billstrasse
80 Postfach 105149
D-2000 Hamburg 28(DE)

54 **Verfahren und Anordnung zum Einprägen von Kanälen mit geringem Querschnitt in die Oberfläche eines Werkstücks.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einprägen von Kanälen mit einem Querschnitt von weniger als 1mm^2 , insbesondere weniger als $3000\mu\text{m}^2$, in die Oberfläche eines Werkstücks, insbesondere für die Herstellung von Dämpfungskanälen von Tintenstrahlschreibköpfen. Mit einfachen Mitteln und ohne nennenswerten Kontrollaufwand ist die Einprägung von Kanälen mit kleinem Querschnitt bei großer Genauigkeit möglich, wenn zwischen die Oberflächen des Werkstücks (2) und eines ebenflächigen Stempels (1) in die Lage des zu bildenden Kanals (3, 4, 12) ein drahtförmiges Element (5) gelegt wird, und wenn danach der Stempel (1) bis zur Anlage an die Oberfläche des Werkstücks - (2) gepreßt wird.

Fig.1



Verfahren und Anordnung zum Einprägen von Kanälen mit geringem Querschnitt in die Oberfläche eines Werkstücks

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Einprägen von Kanälen mit einem Querschnitt von weniger als 1mm^2 in die Oberfläche eines Werkstücks.

Kanäle mit derart kleinen Querschnitten werden insbesondere für Tintenstrahlschreibköpfe benötigt, die nach dem Drop-on-Demand Verfahren arbeiten. Dabei werden durch einen Druckstoß in einem Flüssigkeitssystem kleine Tröpfchen aus Düsen herausgeschleudert. Hierzu wird erheblich mehr Energie in die Flüssigkeit hineingesteckt, als zur Generation eines Tropfens erforderlich ist. Nach der Ablösung des Tropfens muß die restliche Energie aus der Flüssigkeit abgeleitet werden, was im allgemeinen durch die Dämpfung der Flüssigkeitsnachschrwingung in einer geeigneten Dämpfungskapillare geschieht. Um eine optimale Dämpfung zu erreichen, muß der Querschnitt der Dämpfungskapillaren sehr genau auf die Viskosität der Tinte und die Frequenz der Flüssigkeits-schwingung abgestimmt werden. Bei den in Tintenstrahlschreibköpfen auftretenden Viskositäten und Schwingungsfrequenzen liegen die notwendigen Drosselquerschnitte zwischen 1000 und $3000\text{ }\mu\text{m}^2$, die auf $\text{ca.} \pm 100\text{ }\mu\text{m}^2$ eingehalten werden müssen.

Bisher wurden für die Bildung von Dämpfungskapillaren Kanäle durch Präzisionsprägungen mit einem aufwendigen Werkzeug in eine Edelstahlplatte geprägt. Ein mit höchster Präzision gefertigter Stempel wurde in die Stahlplatte gepreßt, wobei die Prägetiefe wegen möglicher Beschädigungen und Abnutzungen des Prägewerkzeugs sehr genau mit aufwendigen Meßmitteln kontrolliert werden mußte. Auch die Ausrichtung von Werkstück und Prägestempel muß sehr genau ausgeführt werden, um eine über die ganze Länge gleichmäßige Drosselkanaltiefe zu garantieren. Werkzeug und Fertigungsablauf waren aufwendig. Die Standzeit des Werkzeugs war gering.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren der eingangs genannten Art derart zu gestalten, daß mit einfachen Mitteln und ohne nennenswerten Kontrollaufwand die Einprägung von Kanälen mit kleinem Querschnitt bei großer Genauigkeit möglich ist.

Die Lösung gelingt dadurch, daß zwischen die Oberflächen des Werkstücks und eines ebenflächigen Stempels in die Lage des zu bildenden Kanals ein drahtförmiges Element gelegt wird, und daß danach der Stempel bis zur Anlage an die Oberfläche des Werkstücks gepreßt wird.

Anstelle eines aufwendig angefertigten Prägestempels wird ein einfacher handelsüblicher mit hoher Genauigkeit herstellbarer Draht benutzt, der natürlich härter als das Werkstück sein muß - (z.B. Wolfram-Draht). Dieser Draht wird an der Stelle, an welcher der Kanal geprägt werden soll, auf das Werkstück gelegt. Mit einer ebenflächigen Hartmetallplatte wird der Draht in das Werkstück gepreßt. Wenn die Hartmetallplatte auf dem Werkstück aufliegt, kann der Draht nicht tiefer eingepreßt werden, so daß damit der Prägevorgang beendet ist.

Besonders einfach und präzise lassen sich drahtförmige Elemente bei kreisrundem Querschnitt herstellen.

Wegen der elastischen und/oder plastischen Verformung beim Prägevorgang ist vorteilhaft der Durchmesser des drahtförmigen Elements kleiner als die Breite des Kanals zu wählen.

Beim Prägevorgang wird der Draht auf jeden Fall elastisch verformt, so daß die erzielte Form des Drosselkanals am Boden eine elliptische Form hat. Das ist für die Funktion nicht entscheidend, hat aber den Vorteil, daß der Draht beim Entlasten der Hartmetallplatte wieder etwas zurückfedert und so sehr leicht wieder entfernt werden kann.

Unterschiedliche Kanalquerschnitte lassen sich bei Verwendung eines jeweils gleichen drahtförmigen Elements dadurch herstellen, daß zwischen den Stempel und das drahtförmige Element eine weiche verformbare Folie gelegt wird. Die Folie besteht vorzugsweise aus Kunststoff. Beim Prägevorgang wird der Draht in die Folie hineingedrückt, wobei diese plastisch verformt und zerstört wird. Kunststofffolien unterschiedlicher Dicke können sehr präzise hergestellt werden und sind handelsüblich.

Wegen der möglichen plastischen Verformungen des drahtförmigen Elements ist es vorteilhaft, daß für jeden Prägevorgang ein unbenutzter Abschnitt eines drahtförmigen Elements verwendet wird.

Eine besonders zweckmäßige Vorrichtung zur Ausübung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Vorratsrolle für ein unbenutztes drahtförmiges Element und eine Aufwickelrolle für benutzte Abschnitte des drahtförmigen Elements aufweist, die beidseitig des Stempels in Kanalrichtung gegenüberliegend angeordnet sind, und daß die Aufwickelrolle mittels einer derart gesteuerten Antriebseinrichtung - schrittweise drehbar ist, daß durch jeden Prägevorgang ein Längenabschnitt des drahtförmigen Elements aufgewickelt wird, welcher

länger als die für den Prägevorgang verwendete Länge ist. Mit einer solchen Vorrichtung können aufeinanderfolgend in einfacher Weise mehrere Kanäle in ein Werkstück oder gleichartige Kanäle in eine Vielzahl von Werkstücken geprägt werden.

In analoger Weise kann die Zuführung der zwischengelegten Folien bewirkt werden.

Eine ganzflächige Anlage des Stempels an der Oberfläche des Werkstücks ist ohne aufwendige Ausrichtung gewährleistet, wenn der Stempel über eine Kalottenfläche allseitig um ein gewisses Maß - schwenkbar geführt ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet die Möglichkeit, nicht nur gerade, sondern auch gebogene Kanalführungen herzustellen, was bisher mit einfachen Stempeln nicht möglich war. Variationen der Kanalgeometrie sind auf einfachste Weise ohne Neubau des Werkzeugs möglich.

Die Erfindung wird anhand der Beschreibung von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Figur 1 und Figur 2 zeigen schematisch den Anfangs-bzw. Endzustand der erfindungsgemäßen Prägung eines Kanals in ein Werkstück.

Figur 3 und Figur 4 zeigen schematisch eine Prägung analog den Figuren 1 und 2 mit zwischengelegter Kunststoffolie.

Figur 5 zeigt das Prinzip einer vorteilhaften Vorrichtung zur Ausübung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In den Figuren 1 bis 4 sind von einem aus Hartmetall bestehenden Stempel 1 nur die Endbereiche dargestellt, welche eine glatte und vorzugsweise polierte Oberfläche aufweisen. Mit 2 ist jeweils der Bereich eines Werkstücks bezeichnet, in welchen ein Kanal 3 bzw. 4 einzuprägen ist.

In Figur 1 ist unmittelbar vor Beginn der Prägung ein Draht 5 zwischen Stempel 1 und Werkstück 2 gelegt. Der Werkstoff und die Härte des Drahts 5 sind dem Material des Werkstücks 2 anzupassen. Bei der Einprägung von Kanälen in Stahl haben sich Wolfram-Drähte bewährt.

Nach der Aufpressung des harten Stempels 1 in Anlage an die Oberfläche des weichen Werkstücks 2 ist, wie Figur 2 erkennen läßt, der elliptisch verformte Draht 5 in das Material des

Werkstücks 2 eingesenkt, wodurch der Kanal 3 entstanden ist. Die Verformung des kreisrunden Drahts 5 in die elliptische Querschnittsform erfolgt elastisch und meist auch plastisch. Die elastische Verformung ergibt die vorteilhafte Wirkung, daß sich die Querschnittsform nach dem Abheben des Stempels 1 um ein gewisses Maß zurückverformt, so daß der benutzte Draht leicht aus dem Kanal entfernbar ist. Da andererseits in den meisten Fällen auch eine plastische Verformung eintritt, ist ein Drahtabschnitt jeweils nur einmal verwendbar.

Bei der Bemessung des Drahtdurchmessers in Abhängigkeit von der gewünschten Kanalbreite ist zu beachten, daß die Breite des Kanals 3 im allgemeinen größer als der Durchmesser des Drahts 5 sein wird.

In den Figuren 3 und 4 ist zusätzlich eine Kunststoffolie 6 zwischen die Oberfläche des Stempels 1 und den Draht 5 gelegt. Beim Prägevorgang wird der dünne Draht 5 durch die relativ weiche Folie 6 bis an die Oberfläche des Stempels 1 gedrückt. Da die Folie andererseits in den übrigen Bereichen nicht komprimiert wird, verbleibt zwischen dem Stempel 1 und dem Werkstück 2 im Endzustand nach Figur 4 ein der Dicke der Folie entsprechender Abstand. Um eben diesen Abstand ist die Tiefe des Kanals 4 nach Figur 4 geringer als die des Kanals 3 nach Figur 2.

Durch Zwischenlegen verschieden dicker Folien 6 läßt sich also bei gegebenen Durchmesser des Drahts 5 die Tiefe des Kanals 4 gezielt variieren. Darüberhinaus hat die Zwischenlage einer Folie 6 den Vorteil, daß der Auflagedruck des Drahts 5 an der Oberfläche des Stempels 1 auf eine größere Fläche verteilt wird. Wegen der verringerten Flächenpressung wird deshalb die Standzeit des Stempels 1 wesentlich erhöht.

Mit einem Wolfram-Draht von 42µm Durchmesser wurden Versuche bei Verwendung von Folien verschiedener Dicke d aus Polyäthylenterephthalat gefahren. Gemessen wurde jeweils die Breite b und die Tiefe t des eingepprägten Kanals 4. Charakteristische Meßwerte sind in der folgenden Tabelle in µm angegeben.

50

55

d	b	t
6	54	28
8	54	26
10	52	24

Man erkennt, daß die Summe der Tiefe t des Kanals 4 und der Dicke d der Folie 5 konstant ist. Zu beachten ist, daß die Breite b des Kanals 4 bei dickeren Folien (im Beispiel bei d 8µm) ebenfalls kleiner wird. Da sich theoretisch nicht genau genug bestimmen läßt, wie groß der Kanalquerschnitt in Abhängigkeit des Durchmessers des Drahts 5 und der Dicke d der Folie 6 wird, müssen optimale Werte durch Versuche ermittelt werden.

Die auf den Draht 5 einwirkende Oberfläche des Stempels wurde eben und mit einer geglätteten Oberfläche gestaltet. Es hat sich erwiesen, daß in die Oberfläche des Stempels keine Führungsnuten für den Draht 5 eingearbeitet werden dürfen, weil dann an den Seitenflächen der Kanäle 3 bzw. 4 über die Oberfläche des Werkstücks hochgedrückte Ränder entstehen können. Dann ist beispielsweise die glatte Anlage einer der offenen Seiten der Kanäle abschließenden Deckplatte erschwert.

Da insbesondere bei der Herstellung von Dämpfungskanälen für Tintenstrahlschreibköpfe eine absolut genaue Kanalführung nicht erforderlich ist, während dagegen der Kanalquerschnitt präzise innerhalb einer sehr kleinen Toleranzbreite eingehalten werden muß, ist eine in gewissem Umfang variierende Drahtführung zwischen dem Stempel und dem Werkstück ohne Nachteile zulässig.

Für Versuche und zur Bearbeitung von wenigen Werkstücken können Drahtabschnitte von Hand zwischengelegt werden. Für eine Serienfertigung hat sich jedoch ein Werkzeug gemäß einer Anordnung nach Figur 5 als vorteilhaft erwiesen, bei welchem unbearbeitete Abschnitte des Drahts 5 und der Folie 6 von Vorratsrollen automatisch zugeführt werden.

Der Stempel 1 ist in der Führungsplatte 7 mit Spiel geführt und wird vom Stößel 8 über seine ballige Fläche 9 betätigt, so daß sich die auf den Draht einwirkende Fläche des Stempels 1 in gewissem Maß unterschiedlichen Lagen der Werkstückfläche frei anpassen kann. In das Werkstück 2 ist zwischen die Hohlräume 10 und 11 bis zur gestrichelten Linie 12 ein Verbindungskanal einzuprägen, welcher im Falle eines Dämpfungskanals von Tintenstrahlschreibköpfen

einen Querschnitt von etwa 1000 bis 3000µm² aufweisen soll. Der Draht 5 wird von einer Vorratsrolle 13 durch die Aufwickelrolle 14 nach jedem Prägevorgang automatisch soweit abgezogen, daß sich unterhalb des Stempels ein neuer unbenutzter Abschnitt des Drahts 5 befindet. In ähnlicher Weise, jedoch beim Ausführungsbeispiel der Figur 5 senkrecht zur Abzugsrichtung des Drahts 5, wird jeweils ein unbenutzter Abschnitt der Folie 6 zwischen Stempel 1 und Draht 5 gezogen.

Mittels einer Vorrichtung nach Figur 5 können aufeinanderfolgend Kanäle in eine Serie von gleichartigen Werkstücken geprägt werden. Es ist ebenfalls möglich, in ein einziges Werkstück eine Vielzahl gleicher Kanäle zu prägen, indem die relative Lage des Werkstücks zum Prägewerkzeug entsprechend verändert wird.

Ansprüche

1. Verfahren zum Einprägen von Kanälen mit einem Querschnitt von weniger als 1mm² in die Oberfläche eines Werkstücks.

dadurch gekennzeichnet, daß zwischen die Oberflächen des Werkstücks (2) und eines ebenflächigen Stempels (1) in die Lage des zu bildenden Kanals (3, 4, 12) ein drahtförmiges Element (5) gelegt wird, und daß danach der Stempel (1) bis zur Anlage an die Oberfläche des Werkstücks (2) gepreßt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des drahtförmigen Elements (5) kreisrund ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des drahtförmigen Elements (5) kleiner als die Breite des Kanals (3, 4, 12) ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Stem-

pel (1) und das drahtförmige Element (5) vor dem Prägevorgang eine weiche verformbare Folie (6) gelegt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, daß die Folie (6) aus Kunststoff besteht.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Prägevorgang ein unbenutzter Abschnitt eines drahtförmigen Elements (5) verwendet wird.

7. Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Vorratsrolle - (13) für ein unbenutztes drahtförmiges Element (5) und eine Aufwickelrolle (14) für benutzte Abschnitte des drahtförmigen Elements (5) aufweist, die beidseitig des Stempels (1) in Kanalrichtung gegenüberliegend angeordnet sind, und daß die Aufwickelrolle (14) mittels einer derart gesteuerten Antriebseinrichtung schrittweise drehbar ist, daß nach

jedem Prägevorgang ein Längenabschnitt des drahtförmigen Elements (5) aufgewickelt wird, welcher länger als die für den Prägevorgang verwendete Länge ist.

5 8. Vorrichtung nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Vorratsrolle für ein unbenutztes Folienband (6) und eine Aufwickelrolle für benutzte Abschnitte des Folienbandes (6) aufweist, die beidseitig des Stempels (1) gegenüberliegend angeordnet sind, und daß die Aufwickelrolle mittels einer derart gesteuerten Antriebseinrichtung schrittweise drehbar ist, daß nach jedem Prägevorgang ein Längenabschnitt des Folienbandes (6) aufgewickelt wird, welcher länger als die für den Prägevorgang verwendete Länge ist.

10 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8,

dadurch gekennzeichnet, daß der Stempel (1) über eine Kalottenfläche (9) allseitig um ein geringes Maß schwenkbar geführt ist.

15 20 25

30

35

40

45

50

55

5

Fig.1

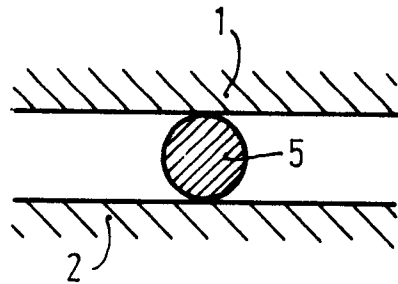


Fig.3

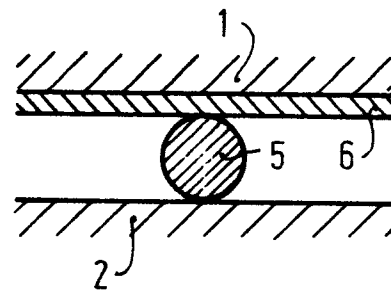


Fig.2

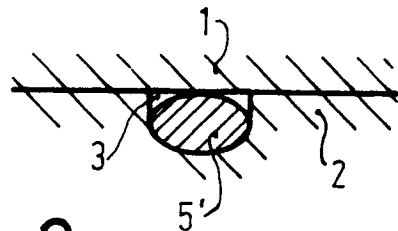


Fig.4

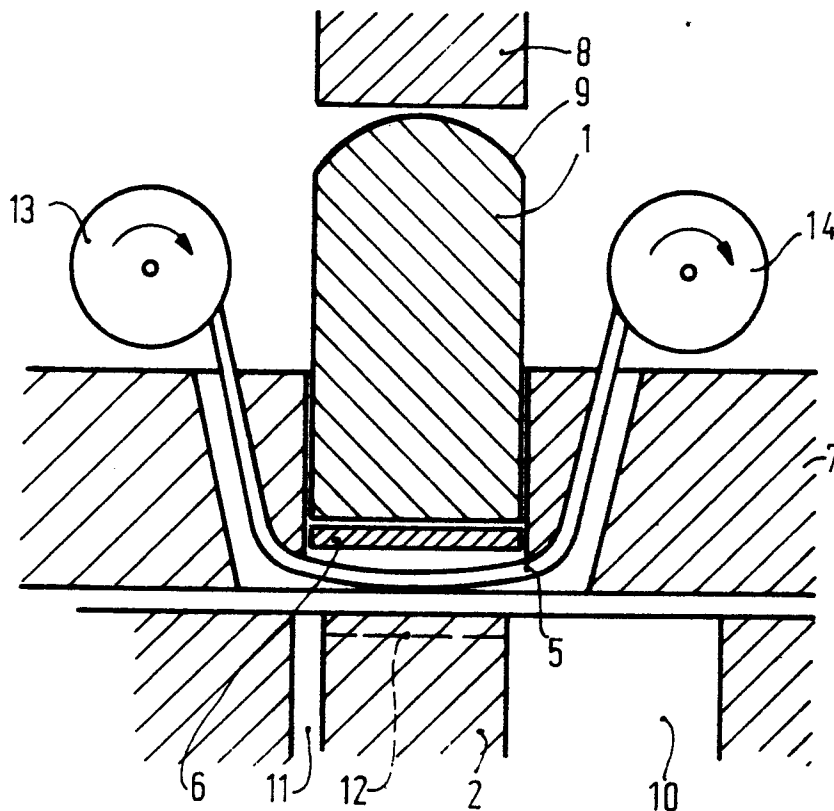
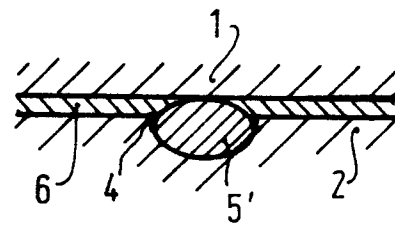


Fig.5