

5

Verfahren und Vorrichtung zum Behandeln von sich in Werkstücke erstreckenden Löchern oder Vertiefungen mit flüssigen Behandlungsmitteln

10

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln von sich in Werkstücken erstreckenden sehr kleinen Löchern oder Vertiefungen mit flüssigen Behandlungsmitteln.

15

Sollen Werkstückoberflächen mit Flüssigkeiten behandelt werden, so werden die Oberflächen mit den Behandlungsmitteln in der Regel durch Eintauchen in Kontakt gebracht. Typische Anwendungsbeispiele stellen das Reinigen von Substraten, beispielsweise von Kleidungsstücken, die galvanotechnische Behandlung von Metall- und Kunststoffteilen sowie die galvanotechnischen Verfahrensschritte bei der Herstellung von Leiterplatten dar.

20

25

In vielen Bereichen der Technik werden dünne Metallschichten auf die Oberflächen von Materialien aufgetragen, um den Oberflächen bestimmte Eigenschaften zu verleihen, die für die Nutzung der Materialien für technische Anwendungsfälle benötigt werden. Obwohl heute bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Beschichtungstechniken zur Verfügung steht, stellen galvanische Metallabscheidungsverfahren trotz der häufig auftretenden verfahrensspezifischen Probleme nach wie vor wichtige Behandlungsmethoden dar.

30

Beispielsweise können Probleme entstehen, wenn Werkstücke mit sehr

kleinen Löchern oder anderen sich von der Oberfläche her in den Werkstücken erstreckende Vertiefungen mit geringen Abmessungen mit flüssigen Mitteln behandelt werden sollen. In diesem Fall werden diese Löcher und Vertiefungen von der Flüssigkeit nicht ausreichend oder
5 überhaupt nicht mehr durchspült, so daß der gewünschte Behandlungserfolg nicht erzielt werden kann.

In der Leiterplattentechnik beispielsweise müssen die Wandungen der Löcher, die sich durch das Leiterplattenlaminat hindurch erstrecken oder die
10 als Sacklöcher angebracht sind, mit einer Metallschicht versehen werden. Hierzu sind diese Löcher oder Vertiefungen nach ihrer Herstellung, beispielsweise durch Bohren, im allgemeinen zunächst von Verunreinigungen zu befreien, beispielsweise von den beim Bohren entstehenden Harzverschmierungen auf der Bohrlochwand, indem die Leiterplatte mit
15 Ätzmitteln in Kontakt gebracht wird. Weiterhin werden zur Reinigung der Löcher auch chemische Lösungen mit oberflächenaktiven Substanzen (Netzmittel) eingesetzt. Nach der Reinigung werden die elektrisch nichtleitenden Bohrlochwände mit Edelmetall enthaltenden Lösungen aktiviert und nachfolgend mit stromlos arbeitenden Metallisierungslösungen in der
20 Regel verkupfert oder vernickelt. Anschließend wird eine Metallschicht mit einer Dicke von etwa 20 µm mittels elektrolytischer Abscheidung auf den Wandflächen der Löcher abgeschieden.

Durch die Miniaturisierung der Schaltungsstrukturen auf Leiterplatten werden
25 immer kleinere Löcher, beispielsweise mit einem Durchmesser von 0,2 mm, in den Leiterplatten gebildet, die nach wie vor sicher metallisiert werden müssen. Daher sind verschiedene Verfahrensweisen vorgeschlagen worden, um Luft aus diesen Löchern auszutreiben und einen ausreichenden Flüssigkeitsaustausch zwischen dem Lochinneren und dem flüssigen
30 Behandlungsmittel außerhalb der Löcher zu gewährleisten. Es müssen spezielle Methoden zur Durchströmung dieser sehr kleinen Löcher eingesetzt werden.

In der deutschen Offenlegungsschrift DE 35 28 575 A1 sind hierzu ein Verfahren zur Reinigung, Aktivierung und/oder Metallisierung von Bohrlöchern in horizontal geführten Leiterplatten, bei dem die Leiterplatten mit konstanter
5 Geschwindigkeit über eine Schwallstrecke hinweglaufen, die von einer unterhalb der Transportbahn und senkrecht zur Transportrichtung angeordneten Düse gebildet wird, aus dem das flüssige Behandlungsmittel in Form einer stehenden Welle an die Unterseite der Leiterplatte gefördert wird, sowie eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens offenbart.

10

Zu dieser Verfahrensweise sind weitere Druckschriften veröffentlicht worden, in denen spezielle Anwendungen der Durchströmung der Bohrungen von Leiterplatten beschrieben werden (beispielsweise in DE 36 38 630 A1, DE 36 24 481 A1).

15

Eine andere Lösung ist der deutschen Patentschrift DE 39 05 100 C2 zu entnehmen, in der ein Verfahren zur chemischen oder elektrolytischen Oberflächenbehandlung von mit kleinen Öffnungen versehenen plattenförmigen Werkstücken in wäßrigen Lösungen vorgeschlagen wird, wobei das Werkstück zwei selbständige, voneinander unabhängige
20 Schwingungsbewegungen ausführt. Die erste der beiden Schwingungsbewegungen verläuft rechtwinklig zur Fläche des Werkstücks und die zweite in etwa derselben Richtung wie die erste und gleichzeitig mit dieser, wobei die Frequenz der ersten Bewegung wesentlich niedriger ist als
25 die der zweiten, die eine in rascher Folge heftig pulsierende Vibrationsschwingung darstellt. Die Amplitude der ersten Schwingungsbewegung ist wesentlich größer als die der zweiten.

30

Numerische Simulationen zur Bestimmung der Strömungsverhältnisse in Bohrlöchern von Leiterplatten haben darüber hinaus gezeigt, daß derartige senkrecht zur Oberfläche der Leiterplatten gerichteten Vibrationsschwingungen den Flüssigkeitsaustausch wirksamer unterstützen

als Vibrationsschwingungen, die ausschließlich Schwingungskomponenten parallel zur Leiterplattenoberfläche aufweisen.

5 Jedoch sind die genannten Problemlösungen für die sichere Behandlung sehr kleiner Löcher und insbesondere von Sacklöchern nicht geeignet, da sich in diesen Fällen nur im Eingangsbereich der Löcher Strömungen ausbilden. Sacklöcher und andere Vertiefungen erstrecken sich nur bis zu einer bestimmten Tiefe in ein Werkstück oder einen Festkörper. Abgesehen von Problemen, die auch bei sehr kleinen Durchgangslöchern auftreten, besteht
10 hier zusätzlich das Problem, daß die einströmende Flüssigkeit auch wieder herausströmen muß, um einen ausreichenden Flüssigkeitsaustausch zu erreichen. Sonst wäre allenfalls ein sehr langsamer Stoffaustausch mittels Diffusion möglich.

15 Aufgrund der an der Lochwand anhaftenden Grenzschicht bzw. einer endlichen Viskosität verwendbarer Behandlungsflüssigkeiten können in diesen Löchern durch Schwingungsbewegungen in einer Tiefe, die beispielsweise bei Verwendung wäßriger Behandlungsflüssigkeiten etwa dem Durchmesser des Loches entspricht, keine Strömungen mehr erzeugt
20 werden.

Zur Behandlung von Leiterplatten mit Sacklöchern ist es beispielsweise üblich, die Leiterplatten in einer Vorrichtung zu behandeln, bei der die Leiterplatten in horizontaler Lage und horizontaler Richtung durch eine
25 Behandlungskammer hindurchgeführt werden, wobei sich die Leiterplatten während des Durchlaufes innerhalb der Behandlungsflüssigkeit befinden. Dadurch kann zumindest erreicht werden, daß aus den an der Oberseite der Leiterplatten befindlichen Löchern Gasblasen einigermaßen problemlos entfernt werden können. Ein sicherer Stoffaustausch innerhalb der für die
30 Behandlung zur Verfügung stehenden Zeit und insbesondere auch die Entfernung von Gasblasen aus Löchern an der Unterseite der Leiterplatten ist mit dieser Methode jedoch nicht möglich. Zudem können Gasblasen aus

Löchern, bei denen das Verhältnis von Lochlänge zu Lochdurchmesser einen Wert von etwa 1 übersteigt, auch mit diesem Verfahren nicht mehr sicher entfernt werden.

5

Der Erfindung liegt von daher das Problem zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden und insbesondere ein sicheres Verfahren sowie eine hierzu geeignete Vorrichtung zum Spülen von in Werkstücken vorgesehenen Löchern und anderen nach außen offenen kleinsten Hohlräumen sowie Vertiefungen mit einer Öffnungsweite unter 0,5 mm mit einem flüssigen Behandlungsmittel zu finden. Es sollen insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Behandlung von mit Sacklöchern versehenen Leiterplatten bereitgestellt werden.

15

Gelöst wird das Problem durch die Ansprüche 1, 7 und 8. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

20

Die Lösung des Problems besteht darin, einen Flüssigkeitsstrahl des Behandlungsmittels auf die Oberfläche des zu behandelnden Substrats zu richten, der einen Strahldurchmesser aufweist, der kleiner ist als die Öffnungsweite der Löcher oder Vertiefungen, bei Bohrungen also des Durchmessers der zu behandelnden Löcher in der Oberfläche des Substrats. Unter Substrat wird ein beliebiger Festkörper oder ein zu behandelndes Werkstück verstanden. Dadurch wird eine in das Innere der Löcher und Vertiefungen gerichtete Strömung des Behandlungsmittels ermöglicht, so daß auch eine wirksame Spülung von Sacklöchern erreicht wird, selbst wenn diese Löcher einen sehr kleinen Durchmesser aufweisen, beispielsweise von 75 µm. Der ins Innere der Vertiefung gerichtete Strahl wird an dessen Boden umgelenkt, so daß sich innerhalb des Loches zusätzlich auswärts gerichtete Strömungen des Behandlungsmittels ausbilden.

30

Die erfindungsgemäße Wirkung entfaltet sich vor allem dann, wenn der

Behandlungsmittelstrahl einen Durchmesser aufweist, der maximal die Hälfte des Lochdurchmessers beträgt. Liegt ein Strahl mit einem Strahldurchmesser vor, der größer ist als der Lochdurchmesser, kann die erfindungsgemäße Strömungswirkung im Loch nicht mehr erzielt werden.

5

Anhand der nachfolgend beschriebenen Zeichnungen und Abbildungen wird das erfindungsgemäße Verfahren erläutert und die Vorrichtung schematisch dargestellt bzw. Einzelheiten der Vorrichtung mittels photographischer Abbildungen wiedergegeben. Es zeigen:

10

Fig. 1: Querschnitt durch ein Sackloch in einer Leiterplatte, schematische Darstellung;

Fig. 2: Strömungsverhältnisse in einem Sackloch, Computersimulation;

15

Fig. 3: Stabilitätskurve eines Behandlungsmittelstrahls in Luft, schematische Darstellung;

Abb. 4: Ansicht der Düsenaustrittsöffnungen in einer Mehrlochdüse, rasterelektronenmikroskopische Aufnahme;

20

Fig. 5: Erfindungsgemäße Vorrichtung, schematische Darstellung;

Fig. 6: Düsenkammer mit mehreren Düsenöffnungen, schematische Darstellung;

25

Abb. 7: Düsenöffnung, rasterelektronenmikroskopische Aufnahme;

Fig. 8: Behandlungsanlage zum horizontalen Behandeln von Leiterplatten, schematische Seitenansicht.

30

In Fig. 1 sind die sich einstellenden Strömungsverhältnisse in einem Sackloch

in einer Leiterplatte schematisch dargestellt. Wird der Behandlungsmittelstrahl 5 mittig und entlang der Lochachse in das vorzugsweise zylindrische Loch 1 (Lochlänge l, Lochdurchmesser d) durch den Locheingang 2 einer Leiterplatte 7 gelenkt, so entsteht die schematisch dargestellte Strömungsverteilung innerhalb des Loches. Die einzelnen Pfeile 6 charakterisieren lokale Strömungskomponenten. Der abwärts gerichtete Strahl 5 wird am Lochboden 3 nach oben umgelenkt. Dadurch entsteht eine starke ringförmige auswärts gerichtete Strömung entlang der zu behandelnden Wandung 4 des Loches, so daß Gasblasen, die durch die Oberflächenspannung dort festgehalten werden, von diesen abgerissen werden. Ferner wird dadurch auch der für die Behandlung der Wandung und des Lochbodens erforderliche Stofftransport ermöglicht, durch den verbrauchte Stoffe weg- und für die Behandlung benötigte Stoffe hintransportiert werden. Diese Strömungskomponenten summieren sich in der Nähe der Lochmantelflächen und bilden ein im wesentlichen ringförmiges, aus dem Loch heraus gerichtetes Strömungsprofil 8 aus.

Handelt es sich bei den Vertiefungen um längliche Löcher, so wird der Behandlungsmittelstrahl vorzugsweise im wesentlichen parallel zur Längsachse der Löcher geführt.

In einem numerischen Simulationsverfahren nach dem Prinzip der Finite-Volumen-Methode (beispielsweise beschrieben in: E. Noll, "Numerische Strömungstechnik", Springer-Verlag Berlin, New York, 1993), können die Strömungsverhältnisse in einem Sackloch graphisch dargestellt werden. In Fig. 2 ist hier ein Schnitt durch ein Sackloch 1 in einer Leiterplatte 7 sowie die Richtung der einzelnen Strömungskomponenten in dem Loch, durch Pfeile 6 markiert, wiedergegeben. Der in das Loch gerichtete Flüssigkeitsstrahl 5 ist in diesem Fall nicht genau mittig ausgerichtet und wird durch die aufwärts gerichteten, durch Umlenkung am Lochboden 3 gebildeten Strömungskomponenten 6 leicht abgelenkt. Trotzdem bildet sich ein an den Wandungen 4 des Loches anliegendes zum Locheingang auswärts

gerichtetes Strömungsprofil aus, so daß sich die erfindungsgemäßen Wirkungen ergeben.

Der vorteilhafte erfindungsgemäße Effekt wird nur dann erreicht, wenn der Strahldurchmesser kleiner ist als die Öffnungsweite der zu behandelnden Vertiefungen. Es werden besonders gute Wirkungen erreicht, wenn der Strahldurchmesser kleiner ist als die Hälfte der Öffnungsweite der Vertiefungen oder des Durchmessers der Löcher.

Andererseits nimmt die Strömungsgeschwindigkeit im Inneren des Loches bei sehr kleinen Strahldurchmessern wieder ab, da der zur Verfügung stehende Impuls des in das Loch hinein gerichteten Strahles dann geringer ist. Diese Wirkung ist in der Tabelle 1 wiedergegeben. Flüssigkeitsstrahlen mit unterschiedlichen Strahldurchmessern wurden mit verschiedenen Strahlggeschwindigkeiten in ein Loch mit einem Durchmesser von 0,3 mm und einer Tiefe von 0,8 mm gerichtet. Die erfindungsgemäße Wirkung der Durchspülung wird durch die sich noch unmittelbar über dem Lochboden einstellende Flüssigkeitgeschwindigkeit (Bodengeschwindigkeit) wiedergegeben.

Ein maximaler Effekt wird in dem dargestellten Fall erreicht, wenn der Strahldurchmesser etwa 0,1 mm ($\pm$ etwa 35 % des Lochdurchmessers) beträgt. Ein sehr starker Abfall der Strömungswirkung innerhalb des Loches ist beim Übergang des Strahldurchmessers von 0,16 mm ($\pm$ 53 % des Lochdurchmessers) auf einen Wert von 0,2 mm ($\pm$ 67 % des Lochdurchmessers) zu beobachten. Bereits kleinere Änderungen des Durchmessers zu größeren Werten hin ergeben drastische Wirkungen. Dasselbe gilt auch bei einer Änderung des Strahldurchmessers von 0,05 mm ($\pm$ 17 %) zu 0,025 mm ($\pm$ 8,3 %).

Die erfindungsgemäße Wirkung wird dann nicht beobachtet, wenn nicht zusammenhängende, sondern bereits in einzelne Tröpfchen zerfallene

Strahlen den Locheingang passieren.

Die feinen Flüssigkeitsstrahlen können durch Ausströmen des Behandlungsmittels aus geeigneten Düsen erzeugt werden. Hierzu werden
5 ausreichend feine Löcher als Düsenaustrittsöffnungen in eine Düsenkammer oder allgemein als Düse bezeichnete Strahlerzeugungseinrichtung eingebracht, in die das flüssige Behandlungsmittel einströmt. Zur Erzeugung der Strahlen wird die Flüssigkeit unter Druck gesetzt. Die Stabilität der Flüssigkeitsstrahlen gegen eine Tröpfchenbildung hängt von verschiedenen
10 Faktoren ab:

Die Erfindung bedient sich dabei einer für sich bekannten Technik zur Bildung laminarer Strahlen jenseits der Düsenöffnung (M.J. McCarthy, N.A. Molloy, "Review of Stability of Liquid Jets and the Influence of Nozzle
15 Design", The Chemical Engineering Journal, Band 7 (1974) Seiten 1 bis 20). Die Strahlen neigen bei gasförmiger Umgebung grundsätzlich dazu, nach einer bestimmten Lauflänge (Zerfallslänge L), d.h. in einer bestimmten Entfernung von der Düsenaustrittsöffnung, in Tropfen zu zerfallen. Diese Tendenz wird vor allem durch die Oberflächenspannung der aus den
20 Düsenöffnungen austretenden Flüssigkeit gegenüber dem Medium, das die Freistrahlen umgibt, beeinflusst. In Abhängigkeit von der dimensionslosen Weberzahl We der Flüssigkeitsstrahlen werden verschieden große Zerfallslängen beobachtet. Eine charakteristische Abhängigkeit der Zerfallslänge L von der Austrittsgeschwindigkeit v der Flüssigkeit aus der
25 Düsenöffnung ist in Fig. 3 dargestellt. Danach ergibt sich eine komplizierte Abhängigkeit der Zerfallslänge L von der Austrittsgeschwindigkeit. Lediglich im unteren Geschwindigkeitsbereich hängt die Zerfallslänge ungefähr proportional von der Geschwindigkeit v ab.

30 Die Zerfallslänge kann also nicht unabhängig von der Reynoldszahl Re des Flüssigkeitsstrahles gewählt werden, wenn eine bestimmte Flüssigkeit verwendet wird. Für die erfindungsgemäße Anwendung der Freistrahlen muß

die Zerfallslänge L möglichst groß sein, um die Ausbildung eines geschlossenen Flüssigkeitsstrahles zwischen der Düse und der zu behandelnden Werkstückoberfläche bzw. der darin enthaltenen Löcher und Vertiefungen sicherzustellen. Die für die Zerfallslänge L charakteristische dimensionslose Größe ist die Weberzahl We, die von der Dichte ρ des flüssigen Behandlungsmittels, der Oberflächenspannung σ des Behandlungsmittels, der Austrittsgeschwindigkeit v und dem Austrittsdurchmesser d des Behandlungsmittelstrahls in folgender Weise abhängt:

$$We = v^2 \cdot d \cdot \rho \cdot \sigma^{-1},$$

Tabelle 1:

Versuch Nr.	Strahlgeschwindigkeit [m/s]	Strahldurchmesser [mm]	Bodengeschwindigkeit [m/s]
1	3,0	0,1	0,45
2	1,5	0,2	0,01
3	1,5	0,16	0,1
4	1,5	0,14	0,12
5	1,5	0,1	0,22
6	1,5	0,05	0,1
7	1,5	0,025	0,01

Für rohrförmige Düsen ist die dimensionslose Zerfallslänge L/d eine Funktion der Quadratwurzel aus der Weberzahl $\sqrt{We}$.

Eine Zerfallslänge von einigen Zentimetern kann beispielsweise erreicht werden, wenn ein Strahldurchmesser von 150 μm gebildet wird und wenn ein wäßriger Flüssigkeitsstrahl unter Druck aus einer entsprechenden

Düsenöffnung in Gas, beispielsweise in Luft, gebildet wird. Die Weberzahl nimmt den Wert $We = 206,9$ an, so daß $\sqrt{We} = 14,4$ ist, wenn ein wäßriges Behandlungsmittel mit einer Austrittsgeschwindigkeit von $v = 10$ m/s und einem Austrittsdurchmesser von $d = 150 \cdot 10^{-6}$ m in Luft gestrahlt wird ($\sigma = 72,5 \cdot 10^{-3}$ N/m, $\rho = 1$ g/cm³). In diesem Fall erhält man eine dimensionslose Zerfallslänge von $L/d = 86$, d.h. die Zerfallslänge L beträgt 12,9 mm. Innerhalb dieser Strecke ist der Strahl homogen und zerfällt nicht in einzelne Tröpfchen. Ein zu behandelndes Substrat, das in einem Abstand von weniger als dieser Länge von der Düsenaustrittsöffnung angeordnet ist, wird von einem feinen Strahl mit einem Strahldurchmesser von etwa 150 µm getroffen, so daß die erfindungsgemäße Wirkung erzielt werden kann.

Wird die flüssige Behandlungslösung dagegen nicht in eine gasförmige Atmosphäre, sondern in eine Flüssigkeit eingespritzt, so ergeben sich andere Verhältnisse, da in diesem Fall die Reynoldszahl des Strahles die charakterisierende Größe darstellt. Wird als Flüssigkeit, durch die der Strahl des Behandlungsmittels hindurch in die Löcher des sich ebenfalls in dieser Flüssigkeit befindenden Werkstückes gespritzt wird, die Flüssigkeit verwendet, mit der das Werkstück behandelt werden soll, so zerfällt der Strahl nicht mehr in einzelne Tröpfchen, da die Oberflächenspannung σ gegen Null geht. In diesem Fall weitet sich der Strahl durch die höhere Viskosität des die Düse umgebenden Mediums dagegen etwas auf.

Daher stellt eine Verfahrensvariante, bei der sich das zu behandelnde Werkstück in dem flüssigen Behandlungsmittel befindet und bei der die Düsenaustrittsöffnungen, die der Werkstückoberfläche dicht gegenüberliegen, ebenfalls in das Behandlungsmittel eintauchen, eine bevorzugte Ausführungsform dar, da hiermit sehr feine, stabile Strahlen erzeugt werden können.

30

Für die Behandlung von Leiterplatten, in denen sich über die gesamte Oberfläche verteilt Durchgangs- und Sacklöcher befinden, ist es ferner

vorteilhaft, die Leiterplatte und die Düse kontinuierlich relativ zueinander zu bewegen. Beispielsweise könnte die Leiterplatte in horizontaler Lage und horizontaler Richtung vorzugsweise in geringem Abstand an einer stationären Düse vorbeibewegt werden. Andererseits ist es auch möglich, die Düse an
5 der Leiterplatte vorbeizubewegen, beispielsweise wenn die Leiterplatte an einem Gestell in vertikaler Anordnung befestigt ist und mit diesem zusammen in ein Behandlungsbad eingetaucht wird. Hierbei wird die Behandlungsflüssigkeit zur verbesserten Durchströmung aus den Düsenaustrittsöffnungen, die innerhalb der Behandlungsflüssigkeit angeordnet
10 sind, auf die Leiterplattenoberfläche und in die Löcher gelenkt. In beiden Fällen überstreicht der Strahl des Behandlungsmittels die Oberfläche der Leiterplatte und wird dadurch nacheinander in die einzelnen Löcher in der Leiterplatte gelenkt.

15 Für beide Anwendungsfälle mit linearer Relativbewegungsrichtung ist es auch vorteilhaft, mehrere Düsenaustrittsöffnungen z. B. im Lochabstand nebeneinander in einer geeigneten Vorrichtung vorzusehen. In Fig. 4 ist ein anderes Beispiel für eine kreisförmige Anordnung einer Vielzahl von feinsten Öffnungen von etwa 60 µm Durchmesser in einer Düsenmündungsfläche
20 dargestellt. In einer anderen Ausführungsform können auch mehrere Reihen mit gegeneinander versetzt angeordneten Düsenaustrittsöffnungen, beispielsweise in einer im wesentlichen ebenen Düsenmündungsfläche, vorgesehen sein. Dadurch können mehrere Strahlen des Behandlungsmittels gleichzeitig und parallel zueinander auf die
25 Leiterplattenoberfläche und in die Löcher gerichtet werden. Der Abstand der einzelnen Löcher darf jedoch einen kritischen Mindestabstand nicht unterschreiten, da die Flüssigkeitsstrahlen dazu neigen, miteinander zu verschmelzen.

30 Um die Flüssigkeitsstrahlen auch in Durchgangslöcher und Sacklöcher in Leiterplatten gezielt und gleichmäßig zu lenken, können die Düsenaustrittsöffnungen in der Düsenmündungsfläche so in mehreren Reihen

gegeneinander versetzt angeordnet sein, daß der Versatz zwischen benachbarten Reihen oder ein Vielfaches dieses Versatzes etwa dem Abstand der Durchgangslöcher und/oder Sacklöcher entspricht.

- 5 Mit derartigen Anordnungen mit mehreren Düsenaustrittsöffnungen in der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird erreicht, daß die einzelnen Löcher in der Leiterplatte beim Vorbeibewegen an der Düse von den Freistrahlen mit den Flüssigkeitsstrahlen behandelt werden.
- 10 Falls das Raster der in einer Matrix angeordneten Düsenöffnungen nicht mit dem Raster der auf der Leiterplatte angeordneten Löcher übereinstimmt, werden einzelne Löcher beim Vorbeibewegen der Leiterplatten an den Düsen trotzdem nicht von den Freistrahlen getroffen. In diesem Fall können die Düsen zusätzlich parallel zur Leiterplattenoberfläche und quer zur
- 15 Relativbewegung der Leiterplatte zu den Düsen hin und her bewegt werden. Anstelle einer Hin- und Herbewegung können die Düsen auch in einer kreisförmigen oder elliptischen Bahn parallel zur Oberfläche der Leiterplatte bewegt werden.
- 20 Zur Durchführung des Verfahrens wird eine Vorrichtung mit einer oder mehreren Düsen eingesetzt. Die in Fig. 5 schematisch dargestellte Vorrichtung umfaßt zwei Düsen 9 mit jeweils einer oder mehreren Düsenaustrittsöffnungen mit einem Durchmesser unter 0,5 mm, ferner eine Flüssigkeitsversorgungseinheit, typischerweise eine Pumpe 10, mittels derer
- 25 flüssiges Behandlungsmittel 11 durch die Düsenaustrittsöffnungen gepumpt wird, und eine mit den Öffnungen und der Versorgungseinheit in Verbindung stehende Filtereinheit 12 zur Entfernung von Partikeln aus dem Behandlungsmittel. In unmittelbarer Nähe zu den Düsenaustrittsöffnungen werden die zu behandelnden Werkstücke, hier Leiterplatten 7, entweder
- 30 stationär befestigt, oder die Werkstücke werden mittels geeigneter Transportmittel in unmittelbarer Nähe zu den Düsenaustrittsöffnungen an den Düsen vorbeibewegt.

Um zu verhindern, daß die sehr kleinen Austrittsöffnungen durch Partikel in der Behandlungsflüssigkeit verstopft werden, muß die Flüssigkeit vor dem Austreten aus der Düse sehr sorgfältig auch von sehr feinen Partikeln oder Verunreinigungen befreit werden. Hierzu ist die Filtereinheit 12 vorgesehen.

5 Ferner wird die Flüssigkeit mittels einer Blasenfalle 13 vor dem Eintritt in die Düsen von mitgerissenem Gas befreit, um zu verhindern, daß die Strahlen durch aus den Öffnungen austretende Luft gestört werden.

Zur Erzeugung ausreichend stabiler und feiner Freistrahlen sind Düsen mit

10 sehr feinen Düsenaustrittsöffnungen, beispielsweise mit einem Durchmesser von 0,02 mm bis 0,5 mm, vorzusehen. Die Durchmesser und der Rasterabstand der einzelnen Düsenlöcher können dem Durchmesser und dem Rasterabstand der Löcher in den Leiterplatten angepaßt werden. Hierzu können beispielsweise geeignete Hohlkörper mit Öffnungen an einer

15 vorzugsweise ebenen Seite (Düsenmündungsfläche) verwendet werden (Fig. 6). Die Düsenöffnungen werden beispielsweise durch Laserbohren hergestellt. Die Löcher können auch mittels eines chemischen Ätzprozesses erzeugt werden, indem auf die Oberfläche, in die die Löcher geätzt werden sollen, ein gegen das Ätzmittel beständiger Photoresist aufgebracht wird,

20 dieser mit dem Lochmuster belichtet wird und die Löcher nach dem Entwickeln durch ein geeignetes Ätzmittel gebildet werden.

Der Flüssigkeitsstrahl 5 wird durch die in der Unterseite der Düse befindlichen Düsenaustrittsöffnungen erzeugt. Hierzu wird die Flüssigkeit 11

25 von oben her unter Druck in die Düse eingeleitet.

Die Form der Austrittsöffnungen ist ebenfalls kritisch für die Qualität der gebildeten Freistrahlen. Insbesondere sich in der Richtung des Strahles 5 des Behandlungsmittels verjüngende Öffnungen (Fig. 7) gewährleisten, daß die

30 Geschwindigkeitsverteilung der Flüssigkeit in den Strahlen keine radialen Inhomogenitäten aufweist, so daß die Strahlen nur in geringem Maße zum Aufweiten oder zum Zerfallen in einzelne Tröpfchen neigen.

Werden Düsen mit matrixartig in mehreren Reihen angeordneten
Düsenaustrittsöffnungen verwendet, so muß ferner dafür gesorgt werden, daß
alle Flüssigkeitsstrahlen mit annähernd demselben Druck aus den Öffnungen
austreten. Andernfalls können keine gleichmäßigen Ergebnisse erzielt
5 werden. Hierzu ist die Verteilkammer 16 in der Düse vorgesehen, durch die
die Behandlungsflüssigkeit vor dem Durchtritt durch die Austrittsöffnungen
hindurchfließt, so daß die Durchflußmengen des durch die einzelnen
Öffnungen austretenden Behandlungsmittels vergleichmäßig werden. Die
konstruktive Auslegung derartiger Verteilkammern ist nach Gesichtspunkten
10 möglich, die in: F. Durst, U. Lange und H. Raszillier, "Optimization of
Distribution Chambers of Coating Facilities", Chemical Engineering Science,
Band 49 (1994), Heft 2, Seiten 161 bis 170 ausführlich beschrieben sind.

Leiterplatten können vorzugsweise in horizontaler Lage und in horizontaler
15 Richtung durch eine Behandlungsanlage geschleust werden, in der die
Behandlungsflüssigkeit von oben und/oder von unten an die
Leiterplattenoberflächen gelenkt wird. Die Leiterplatten werden in diesem Fall
in geringem Abstand an den Düsen vorbeigeführt. Innerhalb der
Behandlungskammer befinden sich die Leiterplatten ebenso wie die
20 Düsenöffnungen bevorzugt innerhalb der Behandlungslösung.

Um die Leiterplatten durch die Anordnung hindurchzubewegen, sind Trans-
porteinrichtungen (Walzen oder Räder) 14', 14" vorgesehen, zwischen denen
die Leiterplatten 7 hindurchgeführt werden (Fig. 8). Die
25 Transporteinrichtungen erstrecken sich ebenso wie die Düsen vorzugsweise
über die gesamte Breite der Leiterplatten. Zwischen den
Transporteinrichtungen sind die erfindungsgemäßen Düsen 9', 9" angeordnet.
Die oberen Transporteinrichtungen 14' sind mit den Düsen 9' in einer festen
Einheit verbunden. Während die unteren Transporteinrichtungen 14" und die
30 unteren Düsen 9" eine feste vertikale Position einnehmen, sind die oberen
Transporteinrichtungen und Düsen in vertikaler Richtung 15 bewegbar, so
daß Dickenunterschiede der Leiterplatten ausgeglichen werden können. Da

die oberen Transporteinrichtungen und Düsen miteinander verbunden sind, kann ein fester Abstand zwischen den Düsenöffnungen und der Leiterplattenoberfläche eingestellt werden.

- 5 Anstelle von Leiterplatten können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch andere Festkörper bzw. Werkstücke mit feinen Öffnungen und Vertiefungen wirksam behandelt werden. Beispielsweise können feine Siebe, Spinndüsen oder ähnliche Werkstücke vorteilhaft gereinigt werden.
- 10 Nachfolgendes Beispiel dient zur näheren Erläuterung der Erfindung:
- 15 Sacklöcher mit einem Durchmesser von 0,3 mm in Leiterplattenzuschnitten ohne Kupferkaschierung aus FR4-Material (Epoxidharzplatten mit Glasfasermatten zur Verstärkung, FR: flame retardent) und mit unterschiedlichen Sacklochtiefen sollten mit einer wäßrigen Permanganatlösung behandelt werden.
- 20 Die Platten enthielten die Löcher in einzelnen Testfeldern mit gleichen Sacklochtiefen von 0,3 mm, 0,5 mm, 1,0 mm bzw. 2,0 mm innerhalb der Felder. Die Löcher waren innerhalb der 25 mm x 25 mm großen Testfeldmatrices im Abstand von jeweils 0,6 mm (Mittenabstand der Löcher) angeordnet.
- 25 Die Leiterplattenzuschnitte wurden in horizontaler Richtung durch eine Behandlungsanlage, in der die Platten in horizontaler Lage ausgerichtet waren, kontinuierlich hindurchtransportiert. Die Behandlungslösung wurde von unten her an die Leiterplattenzuschnitte herangeführt. Zum einen diente hierzu eine Feinstrahl-Düsenbürste mit Öffnungen von 0,1 mm Durchmesser
- 30 und mit einem 30 mm breiten Düsenöffnungsbereich (Gesamtöffnungsquerschnitt etwa 120 mm²), die im Abstand von 0,5 mm voneinander angeordnet waren. Ferner war in der Behandlungsanlage auch

ein herkömmlicher Schwalldüsenstock unterhalb der Bewegungsebene für die Leiterplattenzuschnitte vorgesehen, durch den ein dicker Schwallstrahl der Behandlungslösung an die Leiterplattenoberfläche herangeführt wurde. Der Abstand der Schwalldüsen zur Leiterplattenoberfläche betrug 5 mm, der der Feinstrahldüsenbürste zur Platte 15 mm.

Die Zuschnitte wurden in mehreren Versuchen mit Vorschubgeschwindigkeiten von 0,2 m/min und 0,5 m/min durch die Anlage bewegt.

10

Zur Auswertung des Behandlungserfolges der einzelnen Löcher in dem transparenten Leiterplattenmaterial wurde der Wandflächenanteil innerhalb der Löcher, der durch die Permanganatbehandlung verfärbt war, mittels eines Stereomikroskopes in der Querschnittsansicht der Platte beurteilt. In den nachstehenden Tabellen sind die Ergebnisse der Versuche wiedergegeben. Die angegebenen Werte stellen den Anteil der verfärbten Fläche innerhalb der Löcher dar. Ein geringer Anteil verfärbter Wandfläche deutet auf einen unzureichenden Flüssigkeitstransport in die Löcher.

15

20 Tabelle 1 (Feinstrahldüse):

Durchlaufgeschwindigkeit [m/min]	Lochtiefe 0,3 mm	Lochtiefe 0,5 mm	Lochtiefe 1,0 mm
0,2	100 %	100 %	100 %
0,5	100 %	100 %	100 %

25

30

Tabelle 2 (Schwalldüse):

Durchlaufge- schwindigkeit [m/min]	Lochtiefe 0,3 mm	Lochtiefe 0,5 mm	Lochtiefe 1,0 mm
0,2	100 %	100 %	35 %
0,5	100 %	100 %	10 %



5

Patentansprüche:

10

1. Verfahren zum Behandeln von sich in Werkstücke erstreckenden Löchern oder Vertiefungen mit einer Öffnungsweite unter 0,5 mm mit einem aus einer Düse austretenden flüssigen Behandlungsmittel, dadurch gekennzeichnet, daß ein Strahl des Behandlungsmittels mit einem Durchmesser, der kleiner ist als die Öffnungsweite, vorzugsweise kleiner als die Hälfte der Öffnungsweite, in die Löcher oder Vertiefungen gerichtet wird.

15

2. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahl des flüssigen Behandlungsmittels durch eine Flüssigkeit hindurch auf die in dieser Flüssigkeit oder durch einen Gasraum hindurch auf die in diesem Gasraum befindlichen Werkstücke gerichtet wird.

20

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück und der Strahl relativ zueinander bewegt werden, so daß der Strahl des Behandlungsmittels die Oberfläche des Werkstücks überstreicht und nacheinander in die einzelnen Löcher oder Vertiefungen gerichtet wird.

25

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Strahlen des Behandlungsmittels gleichzeitig und parallel zueinander auf die Oberfläche des Werkstücks und in die Löcher und/oder Vertiefungen gerichtet werden.

30



5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse quer zur Relativbewegung und parallel zur Oberfläche des Werkstücks hin und her oder in einer kreisförmigen oder elliptischen Bahn parallel zur Oberfläche des Werkstücks bewegt wird.
- 5 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Leiterplatten in horizontaler Lage und horizontaler Richtung in geringem Abstand an der Düse vorbeigeführt werden.
- 10 7. Anwendung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche zur Behandlung von mit Durchgangslöchern und/oder Sacklöchern versehenen Leiterplatten.
- 15 8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Düse (9) mit einer oder mehreren Düsenaustrittsöffnungen mit einem Durchmesser unter 0,5 mm, einer Flüssigkeitsversorgungseinheit (10), mittels derer flüssiges Behandlungsmittel durch die Düsenaustrittsöffnungen gepumpt wird, und einer mit den Öffnungen und der Versorgungseinheit in Verbindung stehenden Filtereinheit (12) zur Entfernung von Partikeln aus dem Behandlungsmittel (11).
- 20 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Düsenaustrittsöffnungen in der Richtung des Behandlungsmittelstrahles (5) verjüngen.
- 25 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, gekennzeichnet durch mehrere Düsenaustrittsöffnungen in einer Matrixanordnung in einer im wesentlichen ebenen Düsenmündungsfläche.
- 30 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenaustrittsöffnungen in der Düsenmündungsfläche in mehreren Reihen gegeneinander versetzt angeordnet sind.



12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, gekennzeichnet durch eine die Menge des durch die einzelnen Düsenöffnungen hindurchtretenden Behandlungsmittels (11) vergleichmäßigende und den Düsenaustrittsöffnungen vorgelagerte Verteilkammer (16) für das Behandlungsmittel.

5

13. Vorrichtung zum Behandeln von Durchgangslöchern und Sacklöchern in Leiterplatten nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenaustrittsöffnungen in einer im wesentlichen ebenen Düsenmündungsfläche in mehreren Reihen gegeneinander versetzt angeordnet sind und daß der Versatz zwischen benachbarten Reihen oder ein Vielfaches dieses Versatzes etwa dem Abstand der Durchgangslöcher und/oder Sacklöcher voneinander entspricht.

10

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 13, gekennzeichnet durch Mittel zum horizontalen Bewegen der in horizontaler Lage angeordneten Leiterplatten (7) relativ zur Düse (9).

15

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Düsen (9',9'') zwischen Transporteinrichtungen (14',14''), mittels derer die Leiterplatten (7) bewegt werden, angeordnet sind und daß sich die Düsen (9',9'') mindestens über die gesamte Breite der Leiterplatten (7) erstrecken.

20

16. Verfahren zum Behandeln von sich in Werkstücke erstreckenden Löchern oder Vertiefungen, gekennzeichnet durch einzelne oder alle neuen Merkmale oder Kombinationen von offenbarten Merkmalen.

25

17. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 16 oder zum Behandeln von Durchgangslöchern oder Sacklöchern in Leiterplatten, gekennzeichnet durch einzelne oder alle neuen Merkmale oder Kombinationen von offenbarten Merkmalen.

30

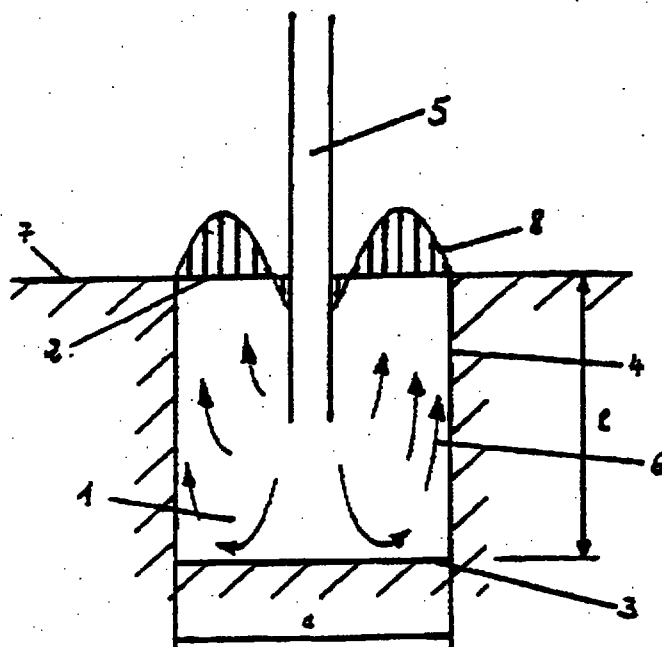


Fig. 1

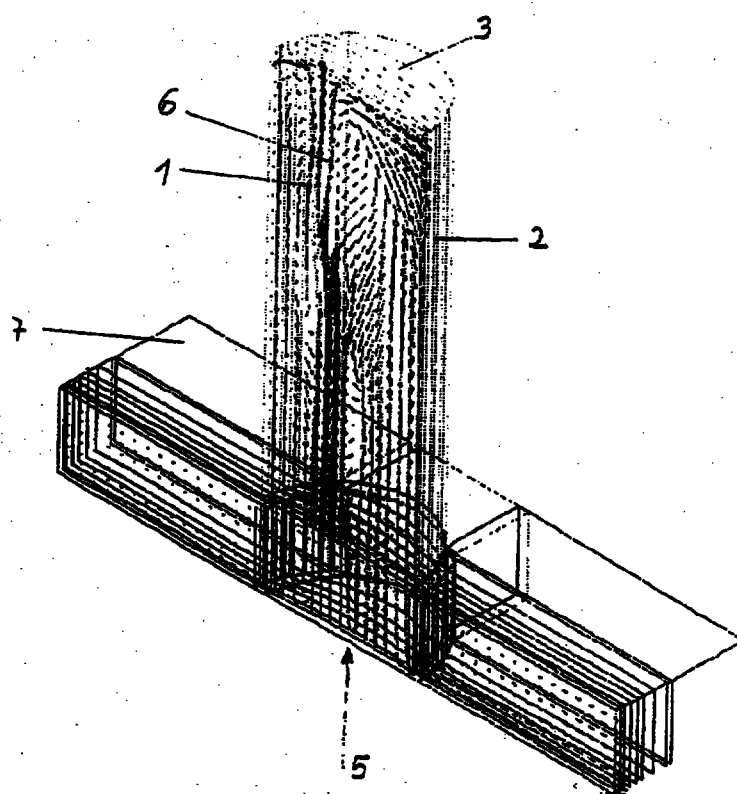


Fig. 2

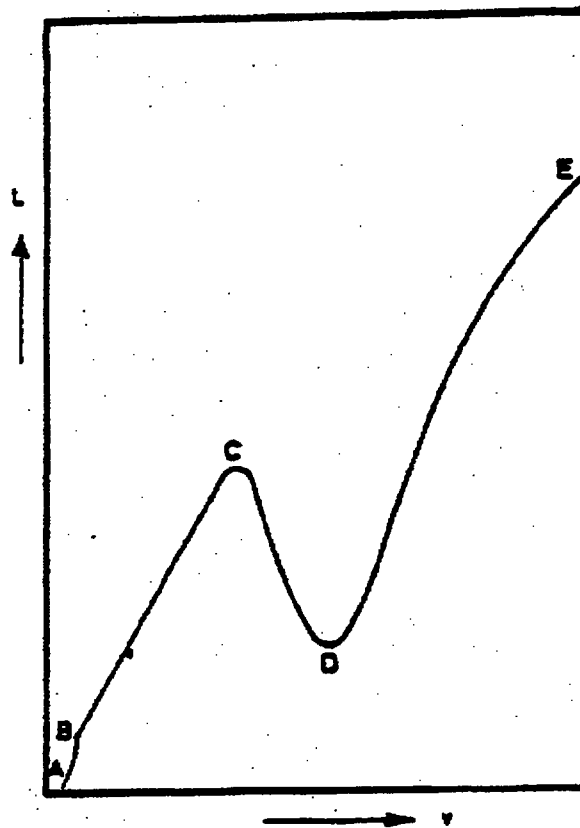


Fig. 3

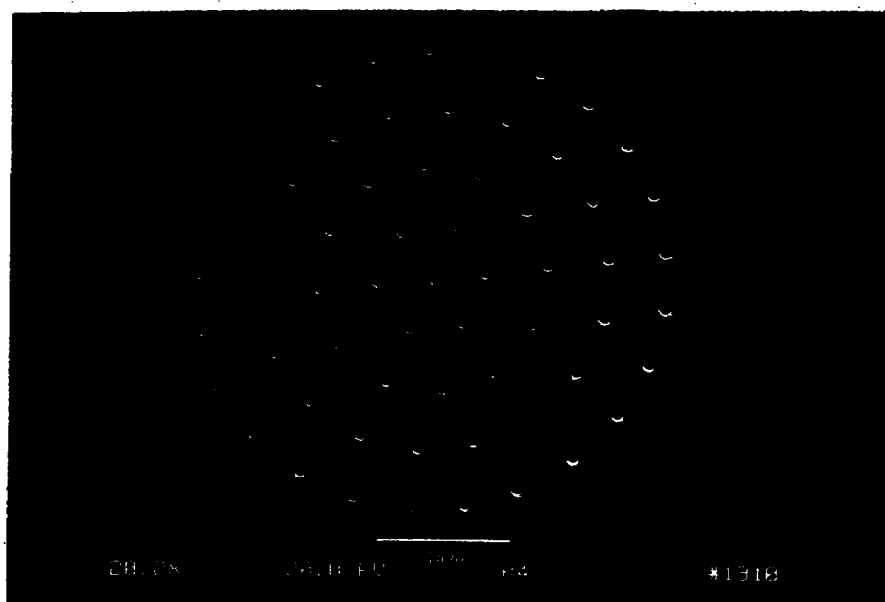


Fig. 4

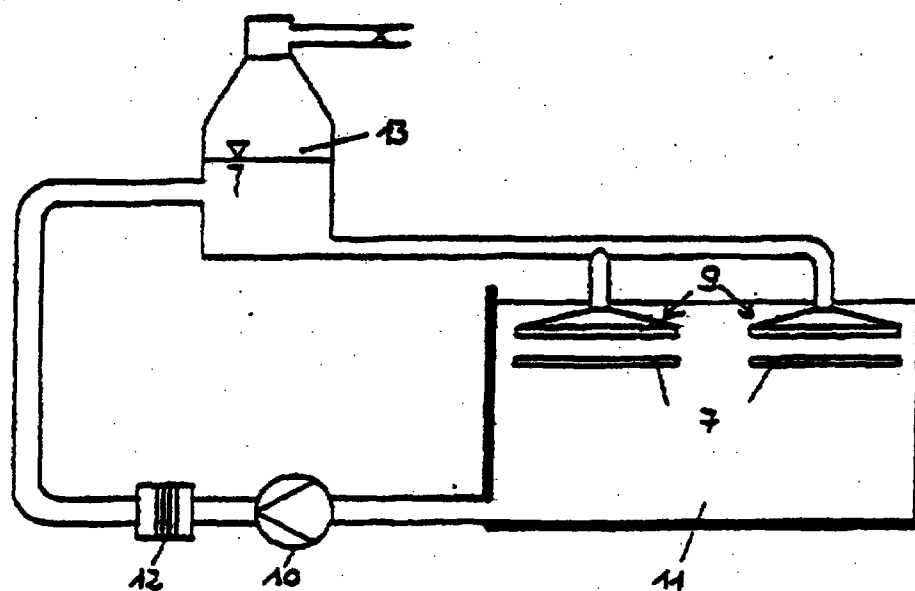


Fig. 5

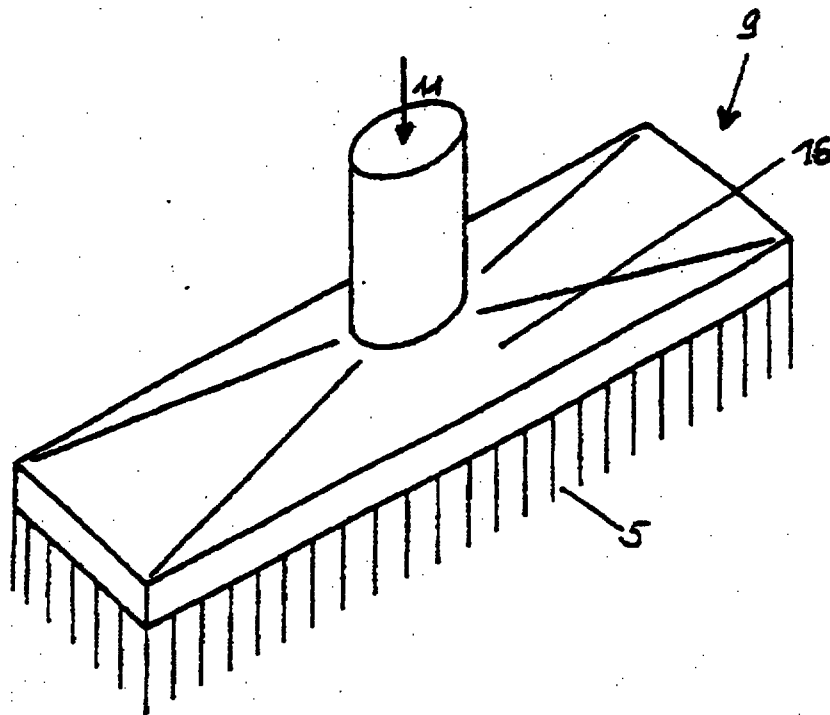


Fig. 6



Fig. 7

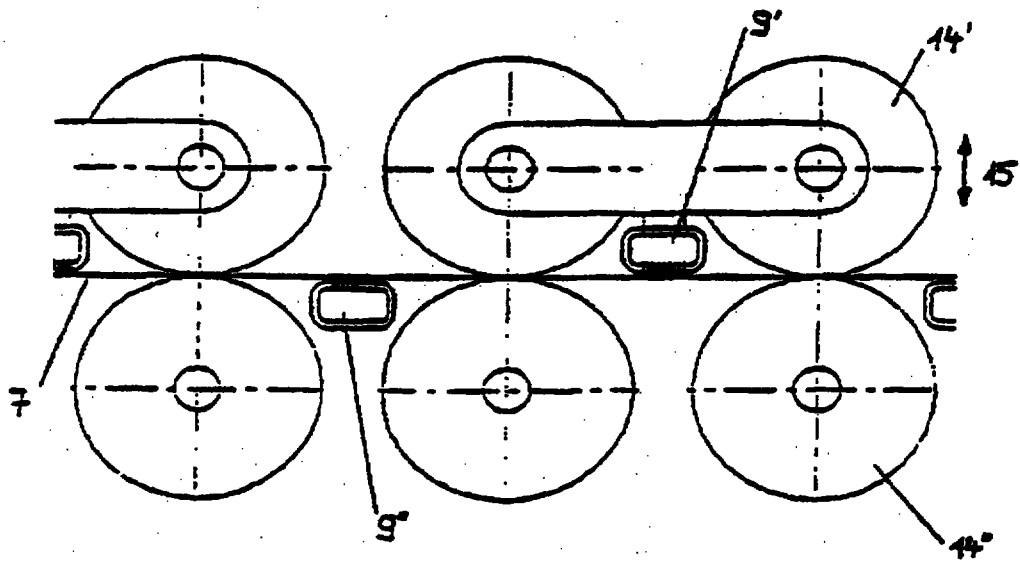


Fig. 8

**Method and Device for treating Holes or Recesses extending into
Workpieces with Liquid Treatment Media.**

5 Specification

The invention relates to a method and to a device for treating very small holes or recesses extending into workpieces with liquid treatment media.

- 10 Should workpiece surfaces be treated with liquids, the surfaces are as a rule brought into contact with the treatment media by immersion. Typical examples of usage are represented by the cleaning of substrates, for example of covering pieces, the electro-plating treatment of metal parts and plastic material parts and also the electro-plating procedures in the
- 15 production of circuit boards.

- In many areas of technology thin metal layers are applied to the surfaces of materials, in order to impart to the surfaces certain properties, which are required for the use of materials in cases of industrial application. Although
- 20 there is already a multitude of varying coating techniques available, electro-plating metal plating methods still represent important treatment methods despite the frequent occurrence of problems specific to the procedure.

- For example, problems can arise, when workpieces with very small holes or
- 25 with other recesses, which extend into the surface of the workpieces and have small dimensions, are to be treated with liquid medium. In this case these holes and recesses are not adequately or not at all washed through, with the result that the desired treatment cannot be achieved.

- 30 In circuit board technology for example the sides of the holes, which extend through the circuit board laminate or which are inserted as blind bores, are provided with a metal layer. For this purpose, after being

produced, for example by drilling, these holes or recesses have firstly to be cleared of impurities generally, for example of resin smears caused by boring on the drilled hole wall while the circuit board is brought into contact with etching agents. Furthermore, chemical solutions with surface-active substances (wetting agents) are inserted also for cleaning the holes. After cleaning, the electrically insulating drilled hole walls are activated with solutions containing a noble metal and subsequently are copper-plated or nickel-plated, as a rule with electroless metallization solutions. Then a metal layer with a thickness of roughly 20 μm is deposited by means of electrolytic plating on the wall surfaces of the holes.

Because of the miniaturisation of circuit structures on circuit boards, smaller and smaller holes are being formed, for example with a diameter of 0.2mm, in circuit boards, which still need to be reliably plated. For this reason there exist various methods for removing air from these holes and ensuring an adequate exchange of liquid between the inside of the hole and the liquid treatment medium outwith the holes. Special methods are employed for flushing out these very small holes.

In the German Patent document DE 35 28 575 A1 there is known, for this purpose, a method for cleaning, activating and/or plating boreholes in horizontally placed circuit boards, in which the circuit boards run over a drenching line at a constant speed, said line being formed by a jet arranged beneath the travelling line and perpendicular to the direction of movement, and in which the liquid treatment medium is conveyed in the form of a vertical wave to the underside of the circuit board and also a device for carrying out this method is known.

Further papers have been published on this method describing special applications for flushing out drilled holes in circuit boards (for example in DE 36 38 630 A1, DE 36 24 481 A1).

Another solution can be drawn from the German Patent document DE 39 05 100 C2, in which a method is given for the chemical and electrolytic surface treatment of board-shaped workpieces, which are furnished with small openings, in aqueous solutions, the workpiece having two
5 autonomous vibration movements which are independent of one another. The first of the two vibration movements extends perpendicular to the surface of the workpiece and the second in roughly the same direction as the first and at the same time as the latter, the frequency of the first movement being essentially lower than the frequency of the second,
10 representing a heavily pulsating oscillation in quick succession. The amplitude of the first vibrating movement is essentially greater than the amplitude of the second.

Numerical simulations for determining the flow conditions in drilled holes of
15 circuit boards have shown in addition that oscillations of that type, orientated perpendicular to the surface of the circuit boards, assist the liquid exchange more effectively than oscillations which have vibration components exclusively parallel to the circuit board surface.

20 However the mentioned solutions to the problem of reliably treating very small holes and especially blind bores are not suitable, since, in these cases, the flow only works in the entry region of the holes. Blind bores and other recesses extend only to a definite depth in a workpiece or solid body. Apart from problems arising also from very small clearance holes, the
25 problem exists here as well in that the liquid flowing in must also flow out again to attain an adequate liquid exchange. Otherwise, at best a very slow material exchange would be possible by means of diffusion.

Because of the boundary layer adhering to the hole wall or because of a
30 finite viscosity from applicable treatment liquids, a through-flow by means of vibration movements cannot be produced in these holes at a depth, which for example, when using aqueous treatment liquids, corresponds

approximately to the diameter of the hole.

In order to treat circuit boards with blind bores it is normal for example to treat the circuit boards in a device, in which the circuit boards are introduced in a horizontal position and horizontal direction through a treatment chamber; the circuit boards being situated within the treatment liquid during passage. In this way, it can at least be achieved, that gas bubbles which are situated in the holes on the top of the circuit boards can be removed relatively simply. A reliable exchange of material within the time available for treatment and particularly the removal of the gas bubbles from the holes on the underside of the circuit boards is however not possible with this method. Moreover even gas bubbles can no longer be removed with certainty, using this method, from holes in which the ratio of hole length to hole diameter exceeds a value of approximately 1.

Hence the problem underlying the invention is to avoid the disadvantages of the state of the art and particularly to find a reliable method and a device suited to the purpose of flushing holes provided in workpieces and other tiny hollow spaces, opening outwards, and also recesses with an opening width below 0.5mm with a liquid treatment medium. In particular, a method and device for treating circuit boards provided with blind bores is to be produced.

The problem is solved by means of Claims 1, 7 and 8. Advantageous embodiments of the invention are given in the subclaims.

The solution to the problem consists in directing a liquid jet of the treatment medium on to the surface of the substrate to be treated which has a diameter which is smaller than the opening width of the holes or recesses, i.e. in drilled holes of the diameter of the holes to be treated in the surface of the substrate. By substrate is meant any solid body or workpiece to be treated. By means of this it is possible to direct a flow of treatment

medium into the inside of the holes and recesses such that an effective rinsing of the blind bore is also achieved even when these holes have a very small diameter, for example of 75 μm . The jet directed into the inside of the recess is reversed at its base, so that, within the hole, jets of treatment medium which are directed outwards are also formed.

According to the invention, this is effective primarily when the jet of treatment medium has a diameter, which at most amounts to half the diameter of the hole. If a jet has a diameter which is greater than the diameter of the hole, then the flow effect, according to the invention, can no longer be achieved in the hole.

With the aid of the subsequently described drawings and figures, the method according to the invention is explained and the device is shown schematically or details of the device are depicted by means of photographic figures, which show;

Figure 1: Cross-section of a blind bore in a circuit board, shown schematically;

Figure 2: Flow conditions in a blind bore, computer simulation;

Figure 3: Stability curve of a jet of treatment medium in air, shown schematically;

Figure 4: View of the nozzle discharge openings in a multi-hole nozzle, photograph from a scanning electron microscope;

Figure 5: Device according to the invention, shown schematically;

Figure 6: Nozzle chamber with several nozzle openings, shown schematically;

Figure 7: Nozzle opening, photograph from a scanning electron microscope;

5 Figure 8: Treatment unit for the horizontal treatment of circuit boards, schematic side-view.

In Figure 1 the self-adjusting flow conditions in a blind bore in a circuit board are shown schematically. If the jet of treatment medium 5 is directed centrally and along the hole axis into the preferably cylindrical hole 1 (hole length l , hole diameter d) through the hole entrance 2 of a circuit board 7, the distribution of the flow within the hole, which is shown schematically, arises. The individual arrows 6 characterise local flow components. The jet 5 which is directed downwards is reversed upwards at the base of the hole 3. In this way a strong toroidal flow which is directed outwards arises along the wall 4 of the hole to be treated, so that gas bubbles, which adhere there through surface tension, are removed from the walls. Furthermore, the material transporter means, which is required for the treatment of the walls and the base of the hole, is also made possible in this way, through which material transporting means used materials are removed and materials required for the treatment are delivered. These flow components accumulate near the hole surface area and form an essentially toroidal flow profile 8 which is directed out of the hole.

25 If it concerns longitudinal holes in the recesses, the jet of treatment material is directed preferably essentially parallel to the longitudinal axis of the holes.

In a numerical simulation procedure according to the principle of finite volumes method (for example described in :E. Noll, Numerical flow technology ,Springer-Verlag Berlin, New York, 1993), flow conditions in a blind bore are represented graphically. In Figure 2 a section through a blind bore 1 in a circuit board 7 is reproduced here and also the direction of the

individual flow components in the hole, marked by arrows 6. The liquid jet 5, which is directed into the hole, is in this case not aligned quite centrally and is slightly deflected by the flow components 6 which are directed upwards and formed by reversal in the base of the hole 3. Nevertheless a flow profile is constructed which is adjacent to the walls 4 of the hole and directed outwards to the hole entrance, so that the operation according to the invention results.

The advantageous effect according to the invention is only achieved when the jet diameter is smaller than the opening width of the recesses to be treated. Particularly good results are achieved when the jet diameter is smaller than half the opening width of the recesses or of the diameter of the holes.

On the other hand the flow speed in the inside of the hole decreases again in the case of very small jet diameters, since the available impulse of the jet, which is directed into the hole, is then smaller. This effect is reproduced in Table 1. Liquid jets with varying diameters were directed into a hole with a diameter of 0.3mm and a depth of 0.8mm using various jet speeds. The effect, according to the invention, of the rinsing is represented by the speed of the liquid (speed at the base), which adjusts immediately above the base of the hole.

Maximum effect is achieved in the portrayed case when the diameter is about 0.1mm (approximately 35% of the diameter of the hole). A very great reduction in the effectiveness of the flow within the hole can be observed when the jet diameter exceeds 0.16mm (53% of the hole diameter) up to 0.2mm (67% of the diameter of the hole). Even smaller changes in the diameter at larger values cause drastic effects. The same is also true for a change in the jet diameter from 0.05mm (Δ 17%) to 0.025mm (Δ 8.3%).

The effect according to the invention is negligible when the jets are discontinuous or rather fall as single droplets as they pass the entrance to the hole.

5 The fine jets of liquid can be produced by discharging the treatment medium from appropriate nozzles. For this purpose, sufficiently fine holes are inserted as nozzle discharge openings, or in general a jet production device configuring a nozzle, into a nozzle chamber, into which the liquid treatment medium flows. In order to produce the jets the liquid is
10 pressurised. The stability of the liquid jets against the formation of droplets depends on various factors:

The invention avails itself then of known technology for the construction of laminar jets on the other side of the nozzle opening. (M.J. McCarthy, N.A.
15 Molloy, Review of Stability of Liquid Jets and the Influence of Nozzle Design, The Chemical Engineering Journal, Volume 7 (1974) Pages 1-20). The jets tend fundamentally, in a gaseous environment, to break into droplets after a definite operating length (dispersal length L) i.e. at a definite distance from the nozzle discharge opening. This tendency is influenced
20 primarily by the surface tension of the liquid emerging from the nozzle openings relative to the medium surrounding the free jets. Dependent upon the non-dimensional Weber number We of the liquid jets, various large dispersal lengths are observed. A characteristic relationship of the dispersal length L to the discharge speed v of the liquid from the nozzle opening is
25 depicted in Figure 3. According to that, there results a complicated dependency of the dispersal length L to the discharge speed. Only in the lower speed region is there a relation between the dispersal length roughly proportional to the speed v .

30 The dispersal length cannot therefore be selected irrespective of the Reynolds number Re of the liquid jet, when a certain type of liquid is used. For the use of free jets according to the invention, the dispersal length L

must be as great as possible to ensure the formation of a continuous liquid jet between the nozzle and the workpiece surface to be treated or the holes and recesses contained within it. The non-dimensional parameter which is characteristic of the dispersal length L is the Weber number We , which is dependent upon the density ρ of the liquid treatment medium, the surface tension σ of the treatment medium, the discharge speed v and the discharge diameter d of the jet of the treatment medium in the following way:

$$We = v^2 \cdot d \cdot \rho \cdot \sigma^{-1},$$

10

Table 1:

Test No.	Jet Speed [m/s]	Jet diameter [mm]	Base Speed [m/s]
15 1	3.0	0.1	0.45
2	1.5	0.2	0.01
3	1.5	0.16	0.1
4	1.5	0.14	0.12
5	1.5	0.1	0.22
20 6	1.5	0.05	0.1
7	1.5	0.025	0.01

25

For tubular nozzles, the non-dimensional dispersal length L/d is a function of the square-root of the Weber number $\sqrt{We}$.

A dispersal length of a few centimetres can be achieved for example, if a jet diameter of $150 \mu\text{m}$ is formed and if an aqueous liquid jet is produced under pressure from an appropriate nozzle opening into a gas, for example into air. The Weber number takes on the value $We = 206.9$, so that $\sqrt{We}$



= 14.4, when an aqueous treatment medium with a discharge speed of $v = 10$ m/s and a discharge diameter of $d = 150 \cdot 10^{-6}$ m is sprayed into the air ($\sigma = 72.5 \cdot 10^{-3}$ N/m, $\rho = 1$ g/cm³). In this case a non-dimensional dispersal length of $L/d = 86$, i.e. the dispersal length L of 12.9 mm is attained.

5 Within this distance the jet is homogenous and does not disperse into individual droplets. A substrate, which is to be treated and which is arranged at a spacing of less than this length from the nozzle discharge opening, is struck by a fine jet with a jet diameter of approximately 150 μ m, in order that the effect according to the invention can be achieved.

10

If the aqueous treatment medium is not sprayed on the other hand into a gaseous atmosphere but into a liquid, other conditions arise since the Reynolds number of the jet represents the characterising parameter in this case. If the liquid is used as a liquid through which the jet of treatment
15 medium is sprayed into the holes of the workpiece which is likewise situated in this liquid with which the workpiece is to be treated then the jet no longer disperses into individual droplets, since the surface tension δ is approaching zero. In this case on the other hand, the jet expands a little because of the higher viscosity of the medium surrounding the nozzle.

20

Hence a preferred embodiment is represented by a variation on the method, in which the workpiece to be treated is situated in the liquid treatment medium and in which the nozzle discharge openings, facing the workpiece surface closely, are likewise submerged in the treatment medium, since in
25 this way very fine, stable jets can be produced.

In order to treat circuit boards, in which clearance holes and blind bores, which are distributed over the entire surface, are situated, it is further advantageous to move the circuit board and the nozzle continuously relative
30 to one another. For example, the circuit board could be moved in a horizontal position and horizontal direction and preferably at a short distance past a stationary nozzle. On the other hand it is also possible to

move the nozzle past the circuit board, for example if the circuit board is attached to a framework in a vertical fashion and submerged together with the latter into a treatment bath. In this way, the treatment liquid for improved flushing out from the nozzle discharge openings, which are located within the treatment medium, is directed on to the circuit board surface and into the holes. In both cases the jet of treatment medium washes over the surface of the circuit board and is thereby directed into the individual holes in the circuit board one after another.

10 In both application cases with linear direction of relative movement it is also advantageous to provide several nozzle discharge openings e.g. at the spacing of the holes beside one another in an appropriate device. In Figure 4 a further example is shown for a circular arrangement of a multiplicity of very fine openings of approximately 60 μm diameter per nozzle head. In
15 another embodiment several rows can also be provided with nozzle discharge openings, which are offset against one another, for example in an essentially flat nozzle head. In this way, several jets of treatment medium can be directed simultaneously and parallel to one another on to the circuit board surface and into the holes. The spacing of the individual holes must
20 not however remain under a critical minimum spacing, since the liquid jets tend to merge with one another.

In order to direct the liquid jets accurately and uniformly also into clearance holes and blind bores in circuit boards, the nozzle discharge openings in the
25 nozzle head can be arranged in several rows and offset against one another such that the offset between adjacent rows or a multiple of this offset corresponds roughly to the spacing of the clearance holes and/or blind bores.

30 With arrangements of this sort with several nozzle discharge openings in the device according to the invention it is possible to treat the individual holes in the circuit board by passing them over the nozzle with the free jets

of liquid jets.

If the grid of nozzle openings which are arranged in a matrix does not accord with the grid of the holes arranged on the circuit board, individual
5 holes will still not be struck by the free jets when the circuit board moves over the nozzles. In this situation, the nozzles can also be moved backwards and forwards, parallel to the circuit board surface and transversely to the relative movement of the circuit board to the nozzles. Instead of a backwards and forwards movement the nozzles can also be
10 moved in a circular or elliptical path parallel to the surface of the circuit board.

In order to carry out this procedure, a device with one or several nozzles is inserted. The device, shown schematically in Figure 5, comprises two
15 nozzles 9 with respectively one or several nozzle discharge openings with a diameter under 0.5mm, in addition a liquid supply unit, typically a pump 10, by means of which liquid treatment medium is pumped through the nozzle discharge openings, and a filter unit 12, communicating with the openings and the supply unit, for removing particles from the treatment medium.
20 Immediately beside the nozzle discharge openings, the workpieces to be treated, in this case circuit boards 7, are either located in a stationary manner or the workpieces are passed over nozzles, by means of appropriate transport medium which is directly next to the nozzle discharge openings.

25 In order to prevent the very small discharge openings being blocked by particles in the treatment liquid, the liquid must also be very carefully freed of very fine particles or impurities before discharging from the nozzle. For this purpose, the filter unit 12 is provided. Furthermore, the liquid is freed of entrained gas by means of a bubble trap 13 before entering into the
30 nozzles, in order to prevent the jets being disturbed by gas escaping out of the openings.

In order to produce sufficiently stable and fine free jets, nozzles are provided with very fine nozzle discharge openings, for example with a diameter of 0.02mm to 0.5mm. The diameters and the grid spacing of the individual nozzle holes can be fitted to the diameter and the grid spacing of the holes in the circuit boards. For this purpose, appropriate hollow pieces, for example, with openings preferably on a flat side (nozzle head) are used (Figure 6). The nozzle openings are produced for example by laser drilling. The holes can be produced also by means of a chemical etching process by applying a stable photosensitive resist against the etching means on to the surface, in which the holes are to be etched, said resist being exposed with the hole pattern and the holes being formed after developing with suitable etching means.

The liquid jet 5 is produced by the nozzle discharge openings, which are situated on the underside of the nozzle. For this purpose, the liquid 11 is fed into the nozzle under pressure from above.

The shape of the discharge openings is likewise critical for the quality of the free jets which are formed. Particularly openings (Figure 7) which taper in the direction of the jet 5 of treatment medium ensure that the speed distribution of the liquid in the jets has no radial non-homogeneities so that the jets tend to expand or disperse into individual droplets only to a small extent.

If nozzles with matrix-like nozzle discharge openings, which are arranged in several rows are used, it must, furthermore, be seen to, that all liquid jets emerge from the openings with roughly the same pressure. If this is not the case constant results cannot be achieved. For this purpose, there is a distribution chamber 16 in the nozzle, through which the treatment medium flows before penetrating through the discharge openings, with the result that the quantities of treatment medium passing through the individual holes are evened out. The constructional design of distribution chambers

of this type is possible according to the principal points, which are described extensively in; F. Durst, U. Lange and H. Raszillier, Optimisation of Distribution Chambers of Coating Facilities, Chemical Engineering Science, Volume 49(1994),Part 2, Pages 161-170.

5

Circuit boards can be conducted in a horizontal position and in a horizontal direction through a treatment unit, in which the treatment liquid is directed from above and/or from below on to the circuit board surfaces. The circuit boards are, in this case, directed past the nozzles at a small spacing.

10

Within the treatment chamber there are situated the circuit boards as well as the nozzle openings, preferably within the treatment solution.

15

In order to move the circuit boards through this arrangement, transporting devices (rollers or wheels) 14', 14" are provided, between which the circuit boards 7 are directed (Figure 8). The transporting devices extend just like the nozzles, preferably over the entire width of the circuit boards. Between the transporting devices, the nozzles 9', 9" , according to the invention are arranged. The upper transporting devices 14' are connected with the nozzles 9' in a fixed unit. While the lower transporting devices 14" and lower nozzles 9" adopt a secure vertical position, the upper transporting devices and nozzles are movable in a vertical direction 15, so that differences in thickness in the circuit boards may be evened out. Since the upper transporting devices and nozzles are connected with one another, a fixed spacing can be arranged between the nozzle openings and the circuit board surface.

20

25

30

Instead of circuit boards, other solid bodies or workpieces with fine openings and recesses can also be treated effectively using the method according to the invention. For example fine sieves, spinning nozzles or similar workpieces can be cleaned advantageously.

The following example serves to explain the invention in greater detail.

Blind bores with a diameter of 0.3mm in circuit board blanks without copper lamination made from FR4-material(epoxy resin plates strengthened with glass-fibre mats, FR: flame retardant) and having varying blind bore depths were to be treated with an aqueous permanganate solution:

5

The boards contained the holes in individual testing sections with the same blind bore depths of 0.3mm, 0.5mm, 1.0mm or 2.0mm within the sections. The holes were arranged within the 25mm x 25mm testing section matrix at a spacing of 0.6mm (mean spacing of the holes) respectively.

10

The circuit board blanks were conveyed continuously in a horizontal direction through a treatment unit, in which the boards were aligned in a horizontal position. The treatment solution was applied from below on to the circuit board blanks. For this purpose a fine jet-nozzle brush was used, in the first place, with openings of 0.1mm diameter and with a 30mm wide nozzle opening region (entire opening cross-section circa 120mm²), said openings being arranged at a distance of 0.5mm from one another.

15

Furthermore, there was also in the treatment unit a traditional splash nozzle stick beneath the plane of movement for the circuit board blanks, by means of which a strong splash jet of treatment solution was directed on to the circuit board surface. The spacing of the splash nozzle from the circuit board surface was 5mm, the spacing of the fine jet-nozzle brush from the board 15mm.

20

The blanks were moved, in several experiments, through the unit with feed-in speeds of 0.2m/min and 0.5m/min.

25

In order to evaluate the success of the treatment of the individual holes in the transparent circuit board material, the wall surface portion within the holes, which was stained with the permanganate treatment, was assessed by means of a stereo-microscope in the cross-sectional view of the board. In the following tables the results of the experiments are reproduced. The

30

given values represent the portion of the stained surface within the holes.
A smaller portion of stained surface indicates an insufficient transportation
of liquid into the holes.

5 Table 1 (fine jet nozzle)

	Passage	Bore Depth	Bore Depth	Bore Depth
	Speed	0.3 mm	0.5 mm	1.0 mm
	[m/min]			
	0.2	100%	100%	100%
10	0.5	100%	100%	100%

Table 2 (splash nozzle)

	Passage	Bore Depth	Bore Depth	Bore Depth
	Speed	0.3 mm	0.5 mm	1.0 mm
	[m/min]			
15	0.2	100%	100%	35%
	0.5	100%	100%	10%

20

25

30



5

**Method and Device for treating Holes or Recesses extending into
Workpieces with Liquid Treatment Media.**

10 **Patent Claims:**

1. Method for treating holes or recesses extending into workpieces with an opening width below 0.5mm using a liquid treatment medium emerging from a nozzle, characterised in that a jet of the treatment medium with a diameter, which is smaller than the opening width and preferably smaller than half the opening width, is directed into the holes or recesses.
- 15
2. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the jet of the liquid treatment medium is directed through a liquid on to the workpieces situated in said liquid or through a gas space on to the workpieces situated in this gas space.
- 20
3. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the workpiece and the jet are moved relative to one another so that the jet of the treatment medium washes over the surface of the workpiece and is directed into the holes or recesses one after another.
- 25
4. The method according to one of the preceding claims, characterised in that several jets of the treatment medium are directed simultaneously and parallel to one another on to the surface of the workpiece and into the holes and/or recesses.
- 30

This Sheet Has Been Replaced



THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED



5. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the nozzle is moved backwards and forwards transversely to the relative movement and parallel to the surface of the workpiece or in a circular or elliptical path parallel to the surface of the workpiece.

5

6. The method according to one of the preceding claims, characterised in that circuit boards are directed past the nozzle in a horizontal position and horizontal direction at a short spacing.

10 7. Application of the method according to one of the preceding claims for treating circuit boards provided with clearance holes and/or blind bores.

15 8. Device for carrying out the method according to one of the preceding claims, characterised by a nozzle (9) with one or several nozzle discharge openings with a diameter below 0.5mm, with a liquid distribution unit (10), by means of which liquid treatment medium is pumped through the nozzle discharge openings and with a filter unit (12), communicating with the openings and the distribution unit, for removing particles from the treatment medium(11).

20

9. The device according to claim 8, characterised in that, the nozzle discharge openings taper in the direction of the treatment jet (5).

25 10. The device according to one of the claims 8 or 9, characterised by several nozzle discharge openings in a matrix arrangement in an essentially flat nozzle head.

30 11. The device according to claim 10, characterised in that, the nozzle discharge openings are arranged in the nozzle head in several rows which are offset against one another.

12. The device according to one of the claims 8 to 11, characterised by a





distribution chamber (16) for the treatment medium, said distribution chamber evening out the amount of treatment medium(11) flowing through the individual nozzle holes and being located in front of the nozzle discharge openings.

5

13. The device for treating clearance holes and blind bores in circuit boards according to one of claims 8 to 12, characterised in that the nozzle discharge openings in an essentially flat nozzle head are arranged in several rows which are offset against one another, and in that the offset between
10 adjacent rows or a multiplicity of said offset roughly corresponds to the spacing of the clearance holes and/or blind bores from one another.

14. The device according to one of the claims 12 to 13, characterised by means for moving circuit boards (7) horizontally which are arranged in a
15 horizontal position relative to the nozzle (9).

15. The device according to Claim 14, characterised in that, several nozzles (9',9") are arranged between transportation devices (14',14") by means of which the circuit boards(7) are moved and in that,
20 the nozzles (9',9") extend at least over the entire width of the circuit boards(7).

16. Method of treating holes or recesses extending into workpieces, characterised by individual or all new features or combinations of disclosed
25 features.

17. Device for carrying out the method according to claim 16, or for treating clearance holes or blind bores in circuit boards, characterised by individual or all new features or combinations of disclosed features.

30

This Sheet Has Been Replaced



THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED

Method and Device for treating Holes or Recesses extending into Workpieces with Liquid Treatment Media.

5

Abstract

10 The treatment, for example the cleaning of holes or recesses in workpieces, is problematic when the holes or recesses have an opening width of below 0.5mm, and especially when the latter do not penetrate the workpiece (blind bores). In known methods, gas bubbles adhering to the side-walls of holes of this type cannot be removed or liquids situated within the holes cannot be effectively exchanged.

15

With the method according to the invention an effective exchange of the liquid contained in the holes and situated outwith the holes is made possible. For this purpose the liquid treatment means is sprayed as a jet into the holes, said jet having a diameter which is smaller than that of the
20 holes.

Furthermore, a device is described for carrying out this method which is characterised by a nozzle with one or several nozzle discharge openings with a diameter below 0.5mm, by a liquid supply unit by means of which
25 liquid treatment medium is pumped through the nozzle discharge openings and by a filter unit, communicating with the openings and the feeder unit, for removing particles from the treatment medium.

30

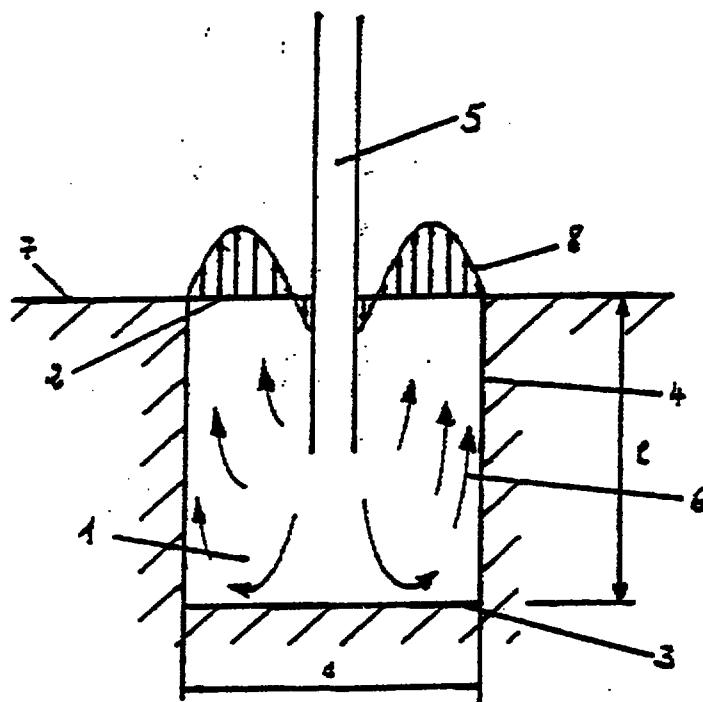


Fig. 1

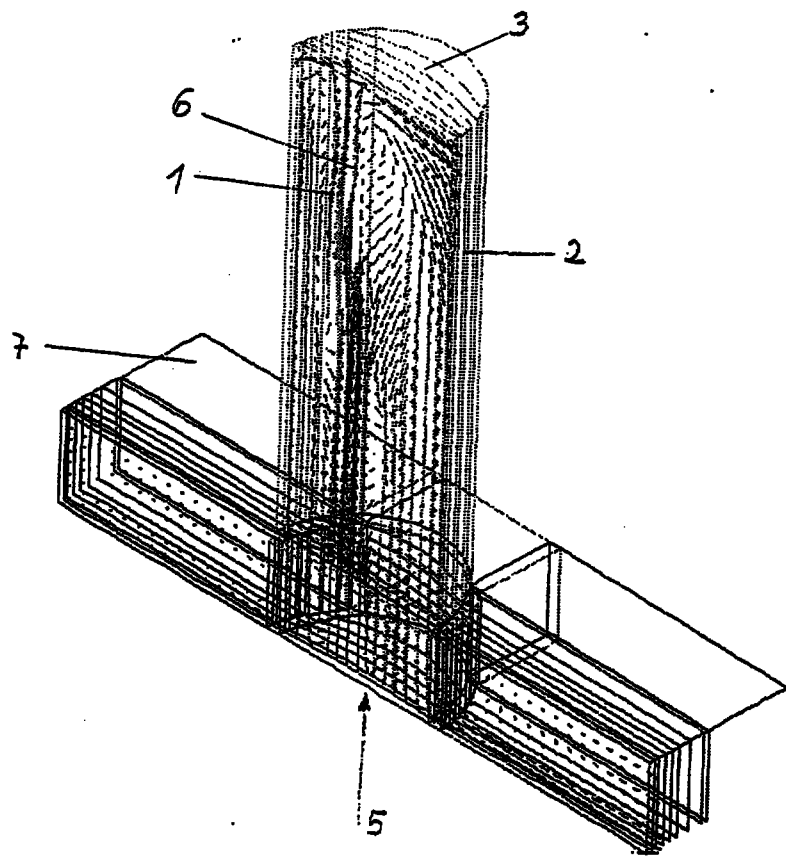


Fig. 2

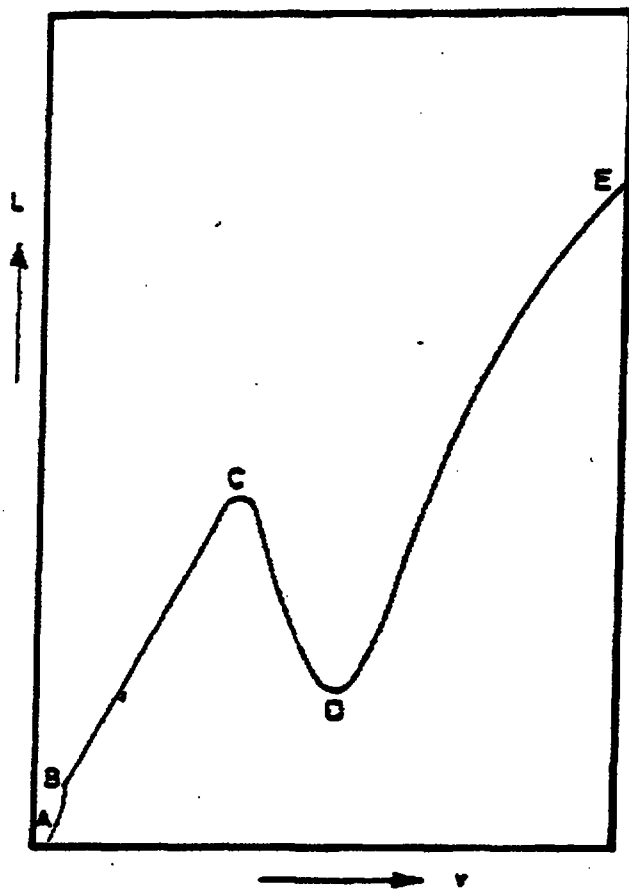


Fig. 3

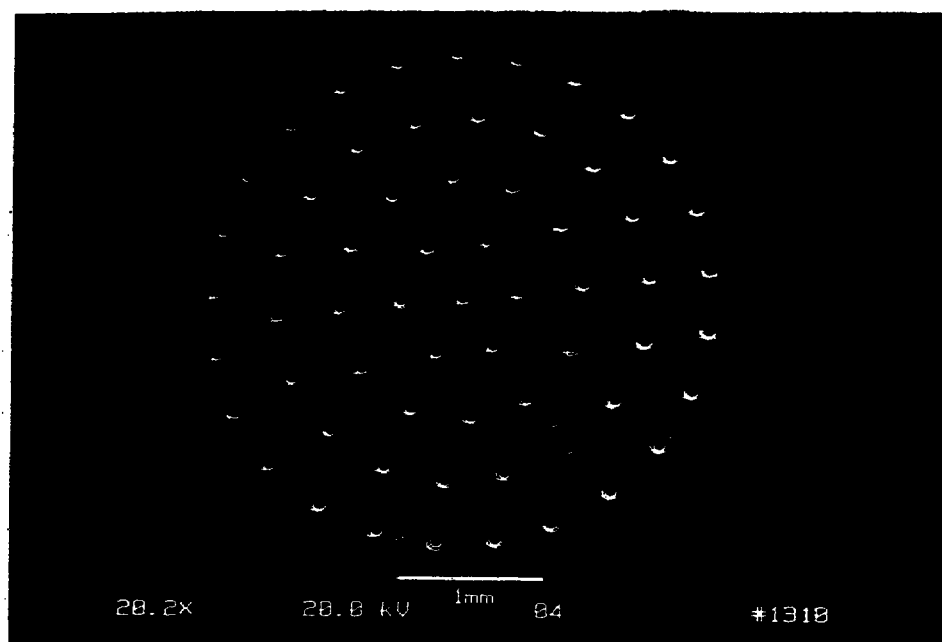


Fig. 4

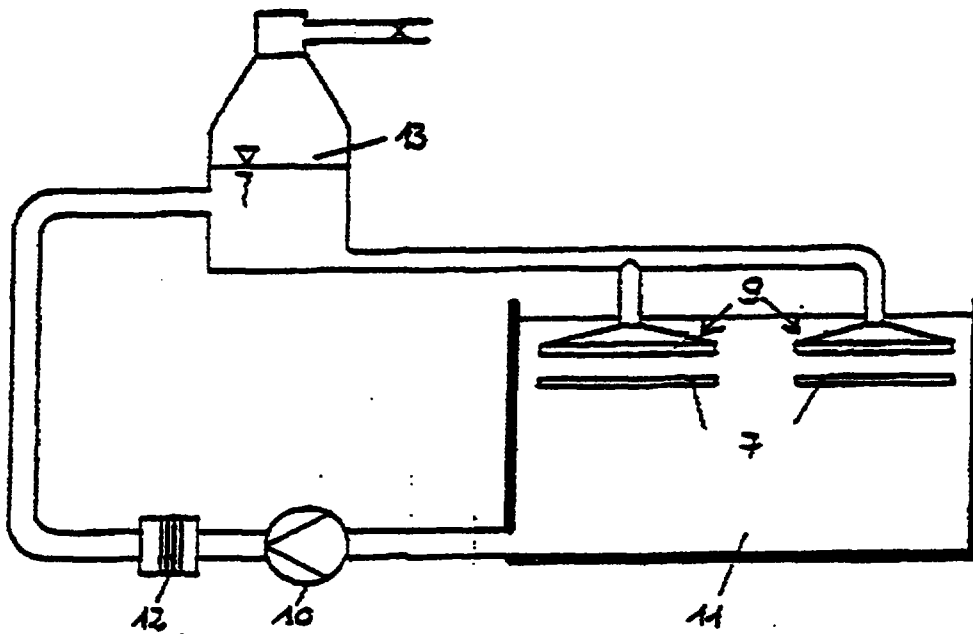


Fig. 5

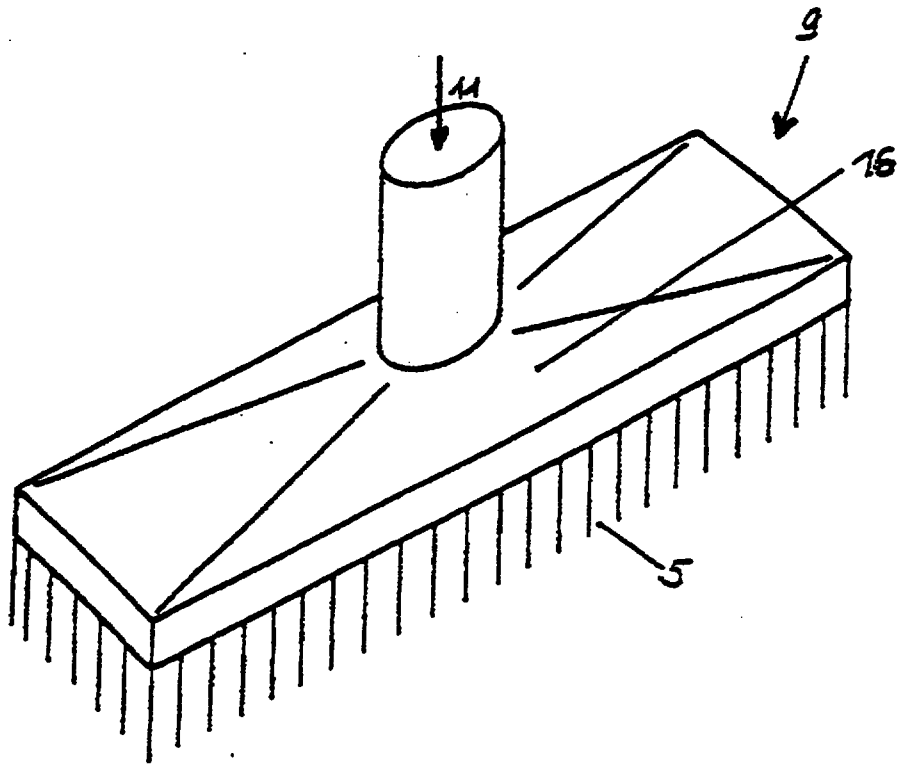


Fig. 6

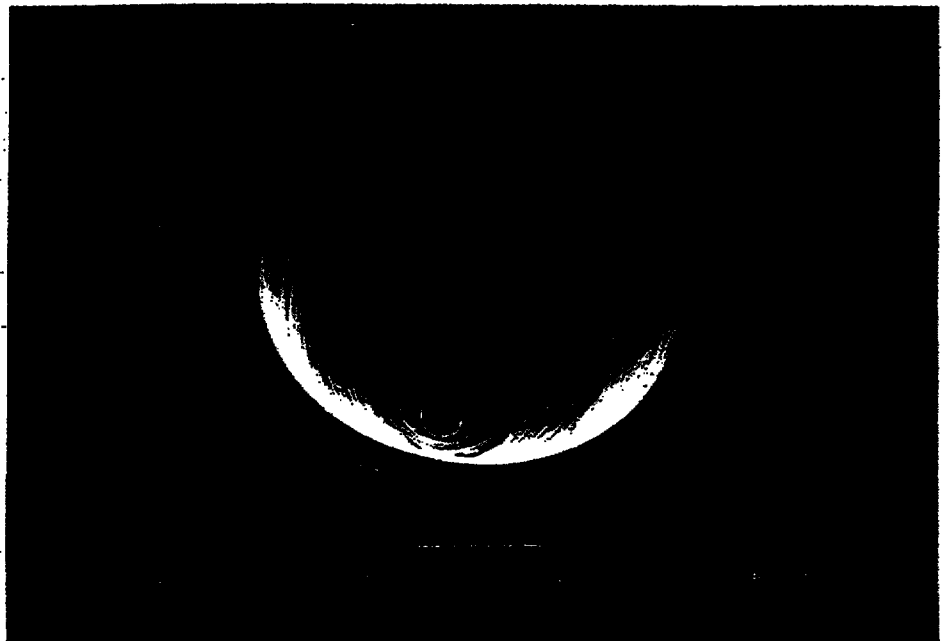


Fig. 7



5

Amendments according to Art. 34 PCT

**Method and Device for treating Holes or Recesses extending into
Workpieces with Liquid Treatment Media.**

10

Patent Claims:

15

1. Method for treating holes or recesses extending into workpieces with an opening width below 0.5mm using a liquid treatment medium emerging from a nozzle, characterised in that a jet of the treatment medium with a diameter, which is smaller than the opening width and preferably smaller than half the opening width, is directed into the holes or recesses.

20

2. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the jet of the liquid treatment medium is directed through a liquid on to the workpieces situated in said liquid or through a gas space on to the workpieces situated in this gas space.

25

3. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the workpiece and the jet are moved relative to one another so that the jet of the treatment medium washes over the surface of the workpiece and is directed into the holes or recesses one after another.

30

4. The method according to one of the preceding claims, characterised in that several jets of the treatment medium are directed simultaneously and parallel to one another on to the surface of the workpiece and into the holes and/or recesses.





5. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the nozzle is moved backwards and forwards transversely to the relative movement and parallel to the surface of the workpiece or in a circular or elliptical path parallel to the surface of the workpiece.

5

6. The method according to one of the preceding claims, characterised in that circuit boards are directed past the nozzle in a horizontal position and horizontal direction at a short spacing.

10 7. Application of the method according to one of the preceding claims for treating circuit boards provided with clearance holes and/or blind bores.

8. Device for carrying out the method according to one of the preceding claims, characterised by a nozzle (9) with one or several nozzle discharge openings with a diameter below 0.5mm , with a liquid distribution unit (10),
15 by means of which liquid treatment medium is pumped through the nozzle discharge openings and with a filter unit (12), communicating with the openings and the distribution unit, for removing particles from the treatment medium(11).

20

9. The device according to claim 8, characterised in that, the nozzle discharge openings taper in the direction of the treatment jet (5).

10. The device according to one of the claims 8 or 9, characterised by
25 several nozzle discharge openings in a matrix arrangement in an essentially flat nozzle head.

11. The device according to claim 10, characterised in that, the nozzle discharge openings are arranged in the nozzle head in several rows which
30 are offset against one another.

12. The device according to one of the claims 8 to 11, characterised by a





distribution chamber (16) for the treatment medium, said distribution chamber evening out the amount of treatment medium(11) flowing through the individual nozzle holes and being located in front of the nozzle discharge openings.

5

13. The device for treating clearance holes and blind bores in circuit boards according to one of claims 8 to 12, characterised in that the nozzle discharge openings in an essentially flat nozzle head are arranged in several rows which are offset against one another, and in that the offset between adjacent rows or a multiplicity of said offset roughly corresponds to the spacing of the clearance holes and/or blind bores from one another.

10

14. The device according to one of the claims 12 to 13, characterised by means for moving circuit boards (7) horizontally which are arranged in a horizontal position relative to the nozzle (9).

15

15. The device according to Claim 14, characterised in that, several nozzles (9',9") are arranged between transportation devices (14',14") by means of which the circuit boards(7) are moved and in that, the nozzles (9',9") extend at least over the entire width of the circuit boards(7).

20

This Sheet Has Been Replaced



THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED



5 **Verfahren und Vorrichtung zum Behandeln von sich in Werkstücke
erstreckenden Löchern oder Vertiefungen mit flüssigen
Behandlungsmitteln**

Patentansprüche:

10

1. Verfahren zum Behandeln von sich in Werkstücke erstreckenden Löchern
oder Vertiefungen mit einer Öffnungsweite unter 0,5 mm mit einem aus einer
Düse austretenden flüssigen Behandlungsmittel, dadurch gekennzeichnet,
daß ein Strahl des Behandlungsmittels mit einem Durchmesser, der kleiner
15 ist als die Öffnungsweite, vorzugsweise kleiner als die Hälfte der Öffnungs-
weite, in die Löcher oder Vertiefungen gerichtet wird.

20

2. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeich-
net, daß der Strahl des flüssigen Behandlungsmittels durch eine Flüssigkeit
hindurch auf die in dieser Flüssigkeit oder durch einen Gasraum hindurch auf
die in diesem Gasraum befindlichen Werkstücke gerichtet wird.

25

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeich-
net, daß das Werkstück und der Strahl relativ zueinander bewegt werden, so
daß der Strahl des Behandlungsmittels die Oberfläche des Werkstücks über-
streicht und nacheinander in die einzelnen Löcher oder Vertiefungen gerichtet
wird.

30

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeich-
net, daß mehrere Strahlen des Behandlungsmittels gleichzeitig und parallel
zueinander auf die Oberfläche des Werkstücks und in die Löcher und/oder
Vertiefungen gerichtet werden.

GEÄNDERTES BLATT



5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse quer zur Relativbewegung und parallel zur Oberfläche des Werkstücks hin und her oder in einer kreisförmigen oder elliptischen Bahn parallel zur Oberfläche des Werkstücks bewegt wird.

5

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Leiterplatten in horizontaler Lage und horizontaler Richtung in geringem Abstand an der Düse vorbeigeführt werden.

10

7. Anwendung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche zur Behandlung von mit Durchgangslöchern und/oder Sacklöchern versehenen Leiterplatten.

15

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Düse (9) mit einer oder mehreren Düsenaustrittsöffnungen mit einem Durchmesser unter 0,5 mm, einer Flüssigkeitsversorgungseinheit (10), mittels derer flüssiges Behandlungsmittel durch die Düsenaustrittsöffnungen gepumpt wird, und einer mit den Öffnungen und der Versorgungseinheit in Verbindung stehenden Filtereinheit (12) zur Entfernung von Partikeln aus dem Behandlungsmittel (11).

20

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Düsenaustrittsöffnungen in der Richtung des Behandlungsmittelstrahles (5) verjüngen.

25

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, gekennzeichnet durch mehrere Düsenaustrittsöffnungen in einer Matrixanordnung in einer im wesentlichen ebenen Düsenmündungsfläche.

30

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenaustrittsöffnungen in der Düsenmündungsfläche in mehreren Reihen gegeneinander versetzt angeordnet sind.



12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11; gekennzeichnet durch eine die Menge des durch die einzelnen Düsenöffnungen hindurchtretenden Behandlungsmittels (11) vergleichmäßigende und den Düsenaustrittsöffnungen vorgelagerte Verteilkammer (16) für das Behandlungsmittel.

5

13. Vorrichtung zum Behandeln von Durchgangslöchern und Sacklöchern in Leiterplatten nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenaustrittsöffnungen in einer im wesentlichen ebenen Düsenmündungsfläche in mehreren Reihen gegeneinander versetzt angeordnet sind und daß der Versatz zwischen benachbarten Reihen oder ein Vielfaches dieses Versatzes etwa dem Abstand der Durchgangslöcher und/oder Sacklöcher voneinander entspricht.

10

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 13, gekennzeichnet durch Mittel zum horizontalen Bewegen der in horizontaler Lage angeordneten Leiterplatten (7) relativ zur Düse (9).

15

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Düsen (9',9'') zwischen Transporteinrichtungen (14',14''), mittels derer die Leiterplatten (7) bewegt werden, angeordnet sind und daß sich die Düsen (9',9'') mindestens über die gesamte Breite der Leiterplatten (7) erstrecken.

20



Amendments according to Art. 34 PCT

**Method and Device for treating Holes or Recesses extending into Workpieces
with Liquid Treatment Media.**

Patent Claims:

1. Method for treating holes or recesses extending into workpieces with an opening width below 0.5mm using a liquid treatment medium penetrating from a nozzle, characterised in that a jet of the treatment medium with a diameter, which is smaller than the opening width and preferably smaller than half the opening width, is directed into the holes or recesses.
2. The method according to one of the preceding claims, characterised in that said jets of the liquid treatment medium is directed through a liquid on to the workpieces situated in said liquid or through a gas space on to the workpieces situated in this gas space.
3. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the workpiece and said jet are moved relative to one another so that said jet of the treatment medium washes over the surface of the workpiece and is directed into said holes or recesses one after another.
4. The method according to one of the preceding claims, characterised in that a plurality of said jets of the treatment medium are directed simultaneously and parallel to one another on to the surface of the workpiece and into said holes and/or recesses.
5. The method according to one of the preceding claims, characterised in that said nozzle is moved backwards and forwards transversely to the relative

This Sheet Has Been Replaced



THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED





movement and parallel to the surface of the workpiece or in a circular or elliptical path parallel to the surface of the workpiece.

6. The method according to one of the preceding claims, characterised in that circuit boards are directed past said nozzle in a horizontal position and horizontal direction at a short spacing.

7. Application of the method according to one of the preceding claims for treating circuit boards provided with clearance holes and/or blind bores.

8. Device for carrying out the method according to one of the preceding claims, characterised by a nozzle (9) with one or several nozzle discharge openings having a diameter below 0.5mm , with a liquid supply unit (10), by means of which liquid treatment medium is pumped through said nozzle discharge openings and with a filter unit (12), communicating with the openings and said supply unit, for removing particles from the treatment medium (11).

9. The device according to claim 8, characterised in that, said nozzle discharge openings taper in the direction of the treatment medium jet (5).

10. The device according to one of the claims 8 or 9, characterised by several nozzle discharge openings in a matrix arrangement in an essentially even nozzle opening surface.

11. The device according to claim 10, characterised in that, the nozzle discharge openings are arranged in the nozzle opening surface in several rows which are offset against one another.

12. The device according to one of the claims 8 to 11, characterised by a distribution chamber (16) for the treatment medium, said distribution chamber homogenizing the amount of treatment medium (11) flowing through the

This Sheet Has Been Replaced



THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED



individual nozzle holes and being located in front of the nozzle discharge openings.

13. The device for treating clearance holes and blind bores in circuit boards according to one of claims 8 to 12, characterised in that the nozzle discharge openings in an essentially even nozzle opening surface are arranged in several rows which are offset against one another, and in that the offset between adjacent rows or a multiplicity of said offset roughly corresponds to the spacing of the clearance holes and/or blind bores from one another.

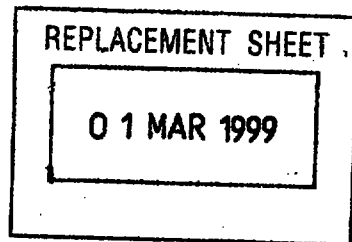
14. The device according to one of the claims 12 to 13, characterised by means for moving circuit boards (7) horizontally which are arranged in a horizontal position relative to the nozzle (9).

15. The device according to Claim 14, characterised in that, several nozzles (9',9") are arranged between transportation devices (14',14") by means of which the circuit boards (7) are moved and in that, said nozzles (9',9") extend at least over the entire width of the circuit boards (7).

This Sheet Has Been Replaced



THIS SHEET HAS BEEN
REPLACED



must be as great as possible to ensure the formation of a continuous liquid jet between the nozzle and the workpiece surface to be treated or the holes and recesses contained within it. The non-dimensional parameter which is characteristic of the dispersal length L is the Weber number We , which is dependent upon the density ρ of the liquid treatment medium, the surface tension σ of the treatment medium, the discharge speed v and the discharge diameter d of the jet of the treatment medium in the following way:

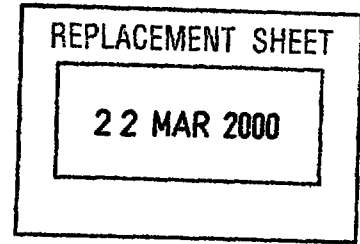
$$We = v^2 \cdot d \cdot \rho \cdot \sigma^{-1},$$

Table 1:

Test No.	Jet Speed [m/s]	Jet diameter [mm]	Base Speed [m/s]
1	3.0	0.1	0.45
2	1.5	0.2	0.01
3	1.5	0.16	0.1
4	1.5	0.14	0.12
5	1.5	0.1	0.22
6	1.5	0.05	0.1
7	1.5	0.025	0.01

For tubular nozzles, the non-dimensional dispersal length L/d is a function of the square-root of the Weber number $\sqrt{We}$ in the lower discharge speed range.

A dispersal length of a few centimetres can be achieved for example, if a jet diameter of $150 \mu\text{m}$ is formed and if an aqueous liquid jet is produced under pressure from an appropriate nozzle opening into a gas, for example into air. The Weber number takes on the value $We = 206.9$, so that $\sqrt{We}$

17

5

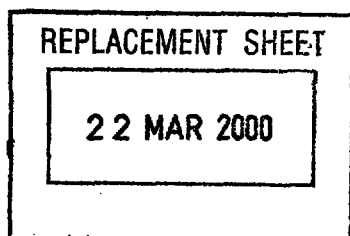
Amendments according to Art. 34 PCT

**Method and Device for treating Holes or Recesses extending into
Workpieces with Liquid Treatment Media.**

10

Patent Claims:

1. Method for treating holes or recesses extending into workpieces with an opening width below 0.5mm using a liquid treatment medium emerging from a nozzle, characterised in that a jet of the treatment medium with a diameter, which is smaller than the opening width and preferably smaller than half the opening width, is directed into the holes or recesses.
2. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the jet of the liquid treatment medium is directed through a liquid on to the workpieces situated in said liquid or through a gas space on to the workpieces situated in this gas space.
3. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the workpiece and the jet are moved relative to one another so that the jet of the treatment medium washes over the surface of the workpiece and is directed into the holes or recesses one after another.
4. The method according to one of the preceding claims, characterised in that several jets of the treatment medium are directed simultaneously and parallel to one another on to the surface of the workpiece and into the holes and/or recesses.



5. The method according to one of the preceding claims, characterised in that the nozzle is moved backwards and forwards transversely to the relative movement and parallel to the surface of the workpiece or in a circular or elliptical path parallel to the surface of the workpiece.

5

6. The method according to one of the preceding claims, characterised in that circuit boards are directed past the nozzle in a horizontal position and horizontal direction at a short spacing.

10

7. Application of the method according to one of the preceding claims for treating circuit boards provided with clearance holes and/or blind bores.

15

8. Device for carrying out the method according to one of the preceding claims, characterised by a nozzle (9) with one or several nozzle discharge openings with a diameter below 0.5mm, with a liquid distribution unit (10), by means of which liquid treatment medium is pumped through the nozzle discharge openings and with a filter unit (12), communicating with the openings and the distribution unit, for removing particles from the treatment medium(11).

20

9. The device according to claim 8, characterised in that, the nozzle discharge openings taper in the direction of the treatment jet (5).

25

10. The device according to one of the claims 8 or 9, characterised by several nozzle discharge openings in a matrix arrangement in an essentially flat nozzle head.

30

11. The device according to claim 10, characterised in that, the nozzle discharge openings are arranged in the nozzle head in several rows which are offset against one another.

12. The device according to one of the claims 8 to 11, characterised by a



distribution chamber (16) for the treatment medium, said distribution chamber evening out the amount of treatment medium(11) flowing through the individual nozzle holes and being located in front of the nozzle discharge openings.

5

13. The device for treating clearance holes and blind bores in circuit boards according to one of claims 8 to 12, characterised in that the nozzle discharge openings in an essentially flat nozzle head are arranged in several rows which are offset against one another, and in that the offset between adjacent rows or a multiplicity of said offset roughly corresponds to the spacing of the clearance holes and/or blind bores from one another.

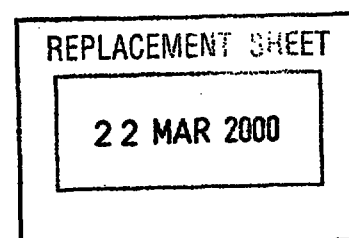
10

14. The device according to one of the claims 12 to 13, characterised by means for moving circuit boards (7) horizontally which are arranged in a horizontal position relative to the nozzle (9).

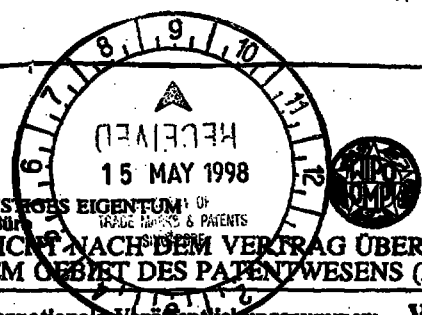
15

15. The device according to Claim 14, characterised in that, several nozzles (9',9") are arranged between transportation devices (14',14") by means of which the circuit boards(7) are moved and in that, the nozzles (9',9") extend at least over the entire width of the circuit boards(7).

20



9801959-9



APos's copy 6

PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

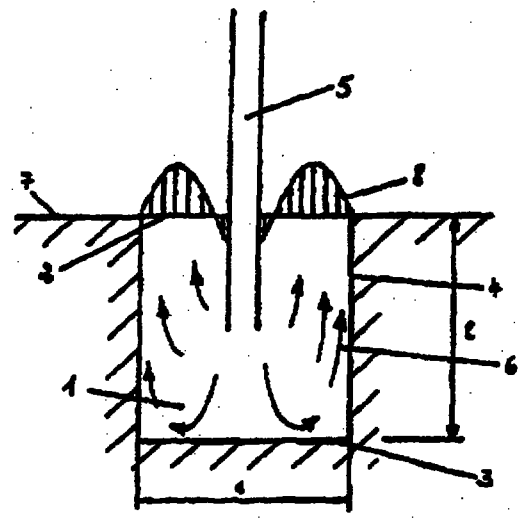
(51) Internationale Patentklassifikation 6: C25D	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/11209 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. März 1997 (27.03.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/01716 (22) Internationales Anmeldedatum: 6. September 1996 (06.09.96) (30) Prioritätsdaten: 195 34 521.5 6. September 1995 (06.09.95) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ATOTECH DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE]; Eras- musstrasse 20-24, D-10553 Berlin (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DURST, Franz [DE/DE]; Eichenstrasse 12, D-91094 Langensendelbach (DE). BRENN, Günter [DE/DE]; Nürnberger Strasse 59, D-91052 Erlangen (DE). SCHÄFER, Michael [DE/DE]; Dortmunder Strasse 11, D-90425 Nürnberg (DE). MEYER, Heinrich [DE/DE]; Bismarckstrasse 8B, D-14109 Berlin (DE). STREUP, Heribert [DE/DE]; Föttingerzeile 47, D-12277 Berlin (DE). (74) Anwalt: EFFERT, Udo; Radickestrasse 48, D-12489 Berlin (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu</i> <i>veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR TREATING HOLES OR RECESSES IN WORKPIECES WITH LIQUID TREATMENT AGENTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BEHANDELN VON SICH IN WERKSTÜCKE ERSTRECKENDEN LÖCHERN ODER VERTIEFUNGEN MIT FLÜSSIGEN BEHANDLUNGSMITTELN

(57) Abstract

Treating, for example cleaning, holes or recesses in workpieces is problematic when the holes or recesses are less than 0.5 mm wide, and in particular when they do not extend through the workpiece (blind holes). Known processes do not allow gas bubbles that adhere to the side walls of such holes to be removed nor liquids inside the holes to be effectively exchanged. The disclosed process allows the liquid inside the hole to be effectively exchanged by the liquid outside the holes. For that purpose, the liquid treatment medium is injected into the holes as a jet with a smaller diameter than the holes. Also disclosed is a device for carrying out this process with a nozzle with one or more outlets of less than 0.5 mm diameter, a liquid supply unit for pumping liquid treatment medium through the nozzle outlets, and a filtering unit in communication with the outlets and the supply unit for removing particles from the treatment medium.



(57) Zusammenfassung

Die Behandlung, beispielsweise die Reinigung von Löchern oder Vertiefungen in Werkstücken, ist dann problematisch, wenn die Löcher oder Vertiefungen eine Öffnungsweite von unter 0,5 mm aufweisen, und insbesondere wenn diese nicht durch das Werkstück hindurchgehen (Sacklöcher). Mit bekannten Verfahren können an den Seitenwänden derartiger Löcher anhaftende Gasblasen nicht entfernt oder sich innerhalb der Löcher befindende Flüssigkeiten nicht wirksam ausgetauscht werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein wirksamer Austausch der in den Löchern enthaltenen und der sich außerhalb der Löcher befindenden Flüssigkeit ermöglicht. Hierzu wird das flüssige Behandlungsmittel als Strahl in die Löcher eingespritzt, der einen Durchmesser aufweist, der kleiner ist als der der Löcher. Es wird ferner eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens beschrieben, das durch eine Düse mit einer oder mehreren Düsenaustrittsöffnungen mit einem Durchmesser unter 0,5 mm, eine Flüssigkeitsversorgungseinheit, mittels derer flüssiges Behandlungsmittel durch die Düsenaustrittsöffnungen gepumpt wird, und eine mit den Öffnungen und der Versorgungseinheit in Verbindung stehende Filtereinheit zur Entfernung von Partikeln aus dem Behandlungsmittel gekennzeichnet ist.