



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11 Veröffentlichungsnummer:

0 085 888
A2

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 83100629.1

51 Int. Cl.³: B 21 D 31/02
B 21 C 37/29

22 Anmeldetag: 25.01.83

30 Priorität: 08.02.82 US 346679

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.08.83 Patentblatt 83/33

84 Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: DEERE & COMPANY
1 John Deere Road
Moline Illinois 61265(US)

72 Erfinder: Head, Glenn Dale, Jr.
3400 Eastwood Dr.
Des Moines Iowa 50317(US)

72 Erfinder: LeMaster, William Charles
302 S.W. Third Street
Ankeny Iowa 50021(US)

72 Erfinder: Bredesky, Louis Paul, Jr.
6075 N.E. Tenth St.
Des Moines Iowa 50316(US)

72 Erfinder: Winter, David Carl
5550 NIW. 57th Ave.
Des Moines Iowa 50323(US)

74 Vertreter: Gramm, Werner, Dipl.-Ing.
Patentanwälte Gramm + Lins Theodor-Heuss-Strasse 2
D-3300 Braunschweig(DE)

54 Verfahren zum Herstellen eines beidseitig mit einer Randverstärkung versehenen Durchgangsloches in einem Metallwerkstück sowie Werkzeug und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

57 Ein Fließ-Bohr-Werkzeug (40;40a) umfaßt einen an seinem unteren Ende stumpfwinklig ausgebildeten Vorlochungsstempel (42), der aus dem Werkstück (54) einen kreisrunden Metallpfropfen (76) ausstanzt, wenn das Werkzeug sich in Rotation befindet und in seiner Axialrichtung gegenüber dem Werkstück bewegt wird. Anschließend gelangt ein rotationsymmetrisches Formteil (44;44a) in Kontakt mit dem Werkstück (54), um Länge und Durchmesser des zuvor hergestellten Vorloches zu vergrößern. Der Vorlochungsstempel (42) erlaubt die Herstellung eines randverstärkten Durchgangsloches (88) in einem einzigen Arbeitsschritt. Ein Nacharbeiten entfällt; Unterschiede und Ungleichmäßigkeiten in der Länge und Dicke der Randverstärkungen (82,86; 82a,) sind verringert; schartige und sich konisch verjüngende Oberflächen der Randverstärkung (86) werden vermieden. Durch Verhinderung der Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeuges, des Axialdrucks des Werkzeuges gegen das Werkstück sowie durch Vorerhitzen des Werkstückes läßt sich die Axialanordnung des Durchgangsloches (88) gegenüber dem Werkstück (54) verändern.

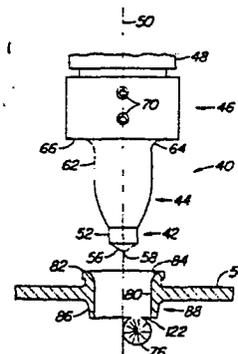


FIG. 2

EP 0 085 888 A2

- 1 -

DEERE & COMPANY
Moline, Illinois 61265
U S A

Telefon: (05 31) 8 00 79
Telex: 09 52 620

Anwaltsakte 324-57 EP-1
Datum 24.01.1983

"Verfahren zum Herstellen eines beidendig mit einer Randverstärkung versehenen Durchgangsloches in einem Metallwerkstück sowie Werkzeug und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens"

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines beidendig mit einer Randverstärkung versehenen Durchgangsloches in einem Metallwerkstück, dessen Wandungsstärke vorzugsweise erheblich kleiner ist als der Durchmesser des herzustellenden Loches, wobei ein schnellrotierendes Werkzeug und/oder das Werkstück in Richtung der Rotationsachse gegeneinandergeführt werden, worauf dann das Werkzeug unter axial gerichtetem Druck an der für das Durchgangsloch vorgesehenen Stelle des Werkstücks dessen Metall durch Reibungshitze verflüssigt und unter fortschreitendem Vorschub ein Loch bildet, dabei gleichzeitig das verflüssigte Metall aus dem in der Entstehung befindlichen Loch so herausdrückt, daß sich auf beiden Seiten der Werkstückwandung um den Lochaustritt herum die ringwulstartige, mit der Werkstückwandung integrale Randverstärkung bildet.

Die Erfindung betrifft ferner ein Werkzeug zur Durchführung dieses Verfahrens, wobei das längliche Werkzeug ein erstes,



- 2 -

mit einem Drehantrieb zu verbindendes Ende (oberes Ende) sowie ein diesem gegenüberliegendes zweites Ende (unteres Ende) aufweist, das in eine auf der zentrischen Drehachse des Werkzeuges liegende Zentrierspitze ausläuft, und wobei zwischen den beiden Enden ein Form und Durchmesser des Durchgangsloches bestimmendes Formteil angeordnet ist, das rotationssymmetrisch zur genannten Drehachse ausgebildet ist und einen unteren konischen Abschnitt aufweist.

Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Durchführung des vorstehend genannten Verfahrens mit einem Werkzeug der vorstehend erläuterten Bauart.

Der vorstehend erläuterte Stand der Technik läßt sich der US-Patentschrift 3,939,683 sowie einem Aufsatz "Make Holes and Bushings in One Operation" (veröffentlicht in Machine and Tool Blue Book, Oktober 1979, Seiten 117 bis 121) entnehmen. Es handelt sich hierbei um ein Verfahren bzw. ein Werkzeug, mit denen durch die Wandung eines Werkstückes ein Loch und gleichzeitig Randverstärkungen hergestellt werden sollen, die das Loch auf beiden Seiten der Werkstückwandung in axialer Richtung verlängern und dadurch zu einer Vergrößerung der Loch-Lagerfläche führen. Diese Randverstärkungen bilden sich durch verflüssigtes Material, das unter Einwirkung des schnellrotierenden und gegen die Werkstückoberfläche gedrückten Werkzeuges entsteht. Diese Randverstärkungen bilden zusammen mit der durchlochenden Werkstückwandung eine Art Buchse.

Mit den bekannten Werkzeugen lassen sich Löcher in einem Durchmesserbereich von 2 bis 30 mm herstellen, wobei der Lochdurchmesser zumindest zwei bis dreimal größer als die Wandungsstärke des zu durchlochenden Werkstückes sein soll. Hinsichtlich weiterer Einzelheiten kann auf den vorstehend zitierten Aufsatz verwiesen werden.

- 3 -

Die nach dem bekannten Verfahren bzw. mit dem bekannten Werkzeug hergestellte, auf der Unterseite des Werkstückes liegende Randverstärkung weist eine wellige oder schartige Oberfläche auf, die den Ausgangspunkt für Spannungsrisse bilden kann. Die Axiallänge des gebildeten Durchgangsloches und damit seiner Lagerfläche ist somit ungleichmäßig; eine Scherbeanspruchung kann zu einem Reißen der Buchse führen.

Das vorbekannte Werkzeug weist eine untere Zentrierspitze auf, die in einen sich nach oben konisch erweiternden Abschnitt eines Formteils übergeht, an den sich ein zylindrischer Abschnitt des Formteils anschließt. Auf diesen folgt in axialer Richtung gesehen eine ringförmige Formschulter mit nach unten weisender Formfläche. In die konische Oberfläche sind axial verlaufende Abflachungen eingearbeitet, so daß sich jeweils vieleckige Querschnittskonfigurationen ergeben. Die Herstellung des Werkzeuges ist daher besonders aufwendig.

Das bis zu 8000 U/min rotierende Werkzeug wird gegen das zu lochende Werkstück gedrückt und bewirkt hier eine erste Auswölbung. Aufgrund der von dem konischen Formteil erzeugten Reibungshitze und dem gleichzeitig aufgebrauchten Druck in Axialrichtung des Werkzeuges steigt die Temperatur des beaufschlagten Werkstückes schnell an, bis das beaufschlagte Metall in einen plastischen und dann in einen flüssigen Zustand übergeht. Die nach oben und unten fließenden Metallmengen sind weitgehend konstant, wobei etwa 40 % des abfließenden Metalls die obere Randverstärkung und etwa 60 % des abfließenden Metalls die untere Randverstärkung bilden. Aufgrund dieser weitgehend konstanten Verhältnisse ist es zur Erzeugung einer bestimmten Axiallänge der Buchse bzw. des gesamten Durchgangsloches erforderlich, in einem separaten Arbeitsschritt die Randverstärkungen zu bearbeiten und zwar durch Abgraten, Abdrehen oder Versenkarbeiten.



- 4 -

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, das vorbekannte Verfahren bzw. Werkzeug so zu verbessern, daß sich randverstärkte Durchgangslöcher gleicher Länge und höherer Festigkeit herstellen lassen.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß zuerst ein kreisrundes Vorloch kleineren Durchmessers durch Ausstoßen eines entfernbaren Metallpfropfens hergestellt wird, worauf dann das das Vorloch umgebende Material durch Reibungskontakt mit dem Werkzeug verflüssigt und unter fortschreitendem Werkzeugvorschub Durchmesser und axiale Länge des Loches auf die gewünschten Endmaße gebracht werden.

Hinsichtlich des Werkzeuges wird die genannte Aufgabe dadurch gelöst, daß das untere Ende des Werkzeuges aus einem zylindrischen Abschnitt besteht, der gegenüber dem größten Durchmesser des Formstücks einen kleineren Durchmesser aufweist, nach unten in einen stumpfwinkligen Kegel übergeht und mit diesem einen Vorlochungsstempel bildet.

Das randverstärkte Durchgangsloch läßt sich mit dem neuen Verfahren bzw. dem neuen Werkzeug in einem einzigen Arbeitsgang herstellen. Wesentlich für die Qualität, insbesondere für den sauberen Randabschluß des Durchgangsloches ist die Entfernung des Metallpfropfens. Es bildet also nur ein Teil des aus dem Lochbereich verdrängten Materials die beiden Randverstärkungen. Der Metallpfropfen hängt an der Unterseite des Werkstückes, ist mit diesem nur noch über einen verhältnismäßig schmalen Steg verbunden und kann durch Hin- und Herbiegen in einfacher Weise vom Werkstück gelöst und entfernt werden. Separate Arbeitsgänge für die Bearbeitung der Randverstärkungen sind nicht erforderlich. Das Werkzeug läßt sich in einfacher Weise am Werkstück zentrieren. Durch Veränderung des Durchmessers des herzustellenden Vorloches bzw. des zylindrischen Abschnitts des Vorlochungsstempels läßt sich die axiale Länge des fertigen Durchgangs-

- 5 -

Loches verändern.

Dabei ist es zweckmäßig, wenn auch die Erzeugung des Vorloches durch Reibungskontakt mit dem rotierenden Werkzeug erfolgt. Dadurch kann das Werkzeug einteilig ausgebildet sein.

Das Verfahren läßt sich noch dadurch verbessern, daß der Kontaktbereich zwischen Werkstück und Werkzeug vor dem Anpressen beider Teile gegeneinander vorgeheizt wird. Dabei kann es zweckmäßig sein, wenn die eine Werkstückseite auf eine Temperatur über die der unmittelbar gegenüberliegenden Werkstückseite vorgeheizt wird, um so die axiale Länge des Durchgangsloches in Richtung der vorgeheizten Werkstückseite zu verlängern. Wird z.B. bei einem dickerwandigen Werkstück die untere, dem Werkzeug abgewandte Wandungsseite stärker aufgeheizt als die dem Werkzeug zugewandte Seite, so ergibt sich ein verstärkter Metallfluß nach unten also in Richtung des Werkzeugvorschubs. Dadurch wird die durch die beiden Randverstärkungen gebildete Buchse in ihrer Lage gegenüber der Werkstückwandung in axialer Richtung etwas nach unten verschoben. Wird hingegen die dem Werkzeug zugewandte Oberseite des Werkstücks auf eine Temperatur aufgeheizt, die der der unteren Seite der Werkstückwandung entspricht oder sie übertrifft, so wird die nach oben fließende Metallmenge verstärkt. Man erhält dann eine obere Randverstärkung mit entsprechend größerer Axiallänge und somit zu einer Axialverschiebung der erzeugten Buchse gegenüber dem Werkstück nach oben.

Erfindungsgemäß kann auch nur der bezogen auf die zentrische Drehachse des Werkzeuges außermittige Kontaktbereich vorgeheizt werden, um so die Verbindungsstelle zwischen dem ausgestoßenen Metallpfropfen und dem Werkstück zu bestimmen. Denn die Verbindungsstelle wird immer im kühlestem Bereich am Rand des Metallpfropfens liegen. Liegt also die vorgeheizte Zone etwas links von der Lochmitte, so wird die Verbindungsstelle zwischen Metallpfropfen und Werkstück etwas rechts hiervon liegen. Dadurch

lassen sich z.B. zwei miteinander fluchtende Durchgangslöcher in verhältnismäßig dicht benachbarten Werkstückwandungen, z.B. eines Rohres, herstellen. Hierzu werden zwei Werkzeuge benutzt, wobei die beiden vorgeheizten Zonen jeweils entgegengesetzt außermittig liegen, so daß sich die ausgestoßenen Metallpfropfen gegenseitig nicht stören können.

Zur Durchführung des neuen Verfahrens ist es zweckmäßig, wenn der relative Axialvorschub des Werkzeuges gegenüber dem Werkstück nach dem Ausstoßen des Metallpfropfens mit angenähert konstantem Druck erfolgt. Dabei ist es vorteilhaft, wenn der konstante Druck je nach der gewünschten Axialverschiebung des Durchgangsloches gegenüber dem Werkstück gewählt wird. Eine Druckerhöhung während des Aufweitens des Vorloches führt zu einem verstärkten Metallfluß nach unten, also auf die dem Werkzeug abgewandte Seite des Werkstückes, während bei einer Druckverringerung der Metallfluß nach oben verstärkt wird. Denn eine Verstärkung des Drucks führt zu einer verstärkten Reibung zwischen dem Vorlochstempel und dem Werkstück, was wiederum zu einer schnelleren und örtlich stärker lokalisierten Aufheizung des Materials führt. Die lokalisierte Aufheizung reduziert die Tendenz des Metalls nach oben um das schnelldrehende Werkzeug zu fließen. Eine Druckverringerung verlangsamt die Aufheizung und erlaubt eine Wärmeübertragung auf benachbarte Bereiche, was zu einer verstärkten aufwärtsgerichteten Fließbewegung des Metalls um das Werkzeug herum führt. Durch Drucksteuerung läßt sich somit eine Axialverschiebung der Buchse gegenüber dem Werkstück erreichen.

Schließlich ist es vorteilhaft, wenn nach dem Ausstoßen des Metallpfropfens das das Vorloch umgebende Metall über seine kritische Temperatur erhitzt wird, während nach Fertigstellung des Durchgangsloches vor Abkühlung der erhitzten Bereiche das durch das Werkzeug um das Durchgangsloch herum verflüssigte Material abgeschreckt wird. Dadurch erfolgt eine Härtung der Innenwandung

der Buchse, die dadurch als Lagerung dienen kann.

Zur Axialverschiebung des Durchgangsloches gegenüber dem Werkstück kann auch die Umdrehungszahl des Werkzeuges verändert werden. Auch eine Erhöhung der Umdrehungszahl führt zu einer schnelleren und damit stärker lokalisierten Aufheizung des Werkstückes durch das Werkzeug und verringert somit den nach oben um das rotierende Werkzeug herum gerichteten Strom des flüssigen Metalls. Eine Verringerung der Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeuges führt zum umgekehrten Ergebnis.

Bei dem erfindungsgemäßen Werkzeug ist es vorteilhaft, wenn die axiale Länge des Vorlochungsstempels zumindest der Wandungsstärke des Werkstückes entspricht. Dadurch wird der Metallpfropfen aus dem Vorloch ausgestoßen, bevor die Aufweitung des Vorloches durch Beaufschlagung des Formteils des Werkzeuges einsetzt.

Der Neigungswinkel des Kegels liegt erfindungsgemäß zwischen 60° und 85° . Dadurch wird ein Durchstechen der Werkstückwandung beim ersten Anpressen des Werkzeuges verhindert. Würde der Neigungswinkel etwa 90° betragen, wäre also das freie untere Werkzeugende angenähert flach ausgebildet, wäre die Zentrierung des Werkzeuges am Werkstück schwierig wenn nicht unmöglich. Läge der Neigungswinkel unter 60° , würde eine Verformung der Werkstückwandung nach unten erfolgen. Eine Nachschärfung des Kegels ist nicht erforderlich. In weiterer Ausgestaltung des Werkzeuges ist es vorteilhaft, wenn sein oberes Ende eine abgesetzte, axial gerichtete und nach unten weisende Formschulter bildet, deren Durchmesser größer ist als der größte Durchmesser des Formteils. Die Formschulter beaufschlagt die obere Randverstärkung bildende verflüssigte Metall um das Formteil des Werkzeuges herum.

Der Kegel kann eine im wesentlichen glatte und durchgehende Oberfläche aufweisen, läßt sich also einfach und verhältnismäßig

preiswert herstellen und bedarf keiner Nachschärfung.

Das neue Werkzeug weist eine hohe Standzeit sowie eine lange Lebensdauer auf und benötigt insgesamt kein Nachschärfen. Ein Nacharbeiten des hergestellten Durchgangsloches bzw. der Randverstärkungen entfällt. Da der Formteil des Werkzeuges jeweils kreisförmige Querschnitte aufweist, ist auch insoweit eine einfache und preiswerte Herstellung gewährleistet. Da die Härtung der Innenfläche der Buchse durch Abschreckung der noch heißen Buchse erfolgen kann, entfällt ein zusätzlicher Aufheizvorgang.

Eine geeignete Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Verwendung des erfindungsgemäßen Werkzeuges ist gekennzeichnet durch einen hydraulisch anhebbaren Arbeitstisch zur Aufnahme des Werkstückes und durch eine Hydrauliksteuerung für die Betätigung des Arbeitstisches und zur Aufrechterhaltung eines angenähert konstanten vorgewählten Druckes zwischen dem Formteil des Werkzeuges und dem Werkstück.

Weitere Merkmale der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche und werden mit weiteren Vorteilen der Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

In der Zeichnung sind eine zum Stand der Technik gehörende Ausführungsform sowie einige als Beispiele dienende Ausführungsformen der Erfindung schematisch dargestellt. Es zeigen:

- Figur 1 in Seitenansicht und zum Teil im Längsschnitt ein Fließ-Bohr-Werkzeug gemäß dem Stand der Technik sowie ein von diesem Werkzeug hergestelltes randverstärktes Durchgangsloch;
- Figur 2 in einer Darstellung gemäß Figur 1 ein Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung;
- Figur 3 in einer der Figur 2 vergleichbaren Darstellung eine abgewandelte Ausführungsform eines Fließ-Bohr-Werkzeuges sowie einen Arbeitstisch;
- Figur 4 in vergrößertem Maßstab den Vorlochstempel eines erfindungsgemäßen Werkzeuges beim Bearbeitungsbeginn an einer Werkstückwandung;
- Figur 5 in perspektivischer Darstellung eine Vorheiz-einrichtung für ein Werkstück und
- Figur 6 in Seitenansicht eine Abschreckeinrichtung für das Werkstück.

Figur 1 zeigt ein zum Stand der Technik gehörendes Werkzeug 10 mit einem konischen unteren Ende 12, das in eine Zentrierspitze 14 ausläuft. Der konische Teil 12 geht in einen zylindrischen Teil 16 über, an den sich in axialer Richtung ein zylindrischer Abschnitt 18 größeren Durchmessers anschließt, der eine nach unten weisende Ringschulter 20 bildet. Das Werkzeug 10 ist in ein Bohrfutter 22 eingespannt und wird unter hoher Umdrehungszahl gegen ein Werkstück 24 gedrückt, um in dessen Wandung einen ersten Eindruck zu erzeugen. Durch Reibung wird das Werkstück 24 erhitzt; das Werkzeug 10 beginnt, ein Loch zu öffnen, wobei das



Werkstückmaterial von in den konischen Teil 12 des Werkzeuges eingearbeiteten, in der Zeichnung nicht dargestellten Abflachungen beaufschlagt wird. Wenn das Metall in seine plastische Phase übergeht, werden etwa 40 % nach oben gedrückt, um hier eine obere Randverstärkung 26 zu bilden, die durch Aufsetzen der Schulter 20 abgeflacht wird. Die übrige Metallmenge wird nach unten gedrückt und formt hier eine sich nach unten etwas verjüngende Randverstärkung 28, die einen verhältnismäßig welligen Rand 30 aufweist, von dem Spannungsrisse ausgehen können, die durch das Bezugszeichen 32 angedeutet sind.

Figur 2 zeigt ein Werkzeug 40 gemäß der Erfindung. Dieses Werkzeug umfaßt einen unteren, in axialer Richtung gesehen vorderen Vorlochstempel 42, einen mittleren Formteil 44 und ein oberes Teil 46 zur Herstellung einer Drehverbindung mit einem Drehantrieb oder Bohrfutter 48, um das Werkzeug 40 um seine zentrische Drehachse 50 zu drehen. Das Werkzeug 40 kann aus einem üblichen Hartmetall der Härte 55 A o.dgl. bestehen, obwohl auch Keramik oder andere Materialien großer Festigkeit und hoher Hitzebeständigkeit verwendet werden können. Weichere Materialien wie z.B. übliche Werkzeugstähle können für den oberen Teil 46 Verwendung finden.

Der Vorlochstempel 42 umfaßt einen zylindrischen Abschnitt 52 dessen Zylinder auf der zentrischen Drehachse 50 des Werkzeuges liegt. In einer bevorzugten Ausführungsform entspricht die axiale Länge des zylindrischen Abschnitts 52 zumindest der Wandungsstärke des zu bearbeitenden Werkstückes 54. Der zylindrische Abschnitt 52 geht nach unten in einen stumpfwinkligen Kegel 56 über, der in eine Zentrierspitze 58 ausläuft, die ebenfalls auf der zentrischen Drehachse des Werkzeuges liegt und zur präzisen Justierung des Werkzeuges 40 hinsichtlich der zu bearbeitenden Stelle am Werkstück 54 dient. In Figur 4 ist der Neigungswinkel α des Kegels angegeben, also der zwischen einer Mantellinie des Kegels und seiner Achse liegende Winkel. Dieser

Winkel ist verhältnismäßig stumpf ausgebildet, darf aber z.B. nicht über 85° liegen, da das Werkzeug 40 sonst beim Ansetzen an der zu bearbeitenden Werkstückfläche auf dieser hin und her rutschen würde. Der Neigungswinkel α beträgt vorzugsweise 75° , so daß die vom Werkzeug beaufschlagte Werkstückwandung nach unten kaum ausgebeult wird, wie in Figur 4 durch den Buchstaben D angedeutet ist. Diese Auswölbung beträgt weniger als einige tausendstel eines Zolls.

Das Formteil 44 hat vorzugsweise jeweils einen kreisförmigen Querschnitt und an der Verbindungsstelle zum Vorlochungsstempel 42 einen diesem entsprechenden Durchmesser. Bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform erweitert sich das Formteil 44 ausgehend von dem Vorlochungsstempel 42 konisch nach oben und ähnelt der Form eines Geschosses. Der obere Abschnitt 62 des Formteils 44 ist im wesentlichen zylindrisch ausgebildet und geht dann über einen Radius 64 in eine nach unten gerichtete Formschulter 66 größeren Durchmessers des oberen Teils 46 über, das über Schrauben 70 oder andere geeignete Verbindungselemente in Drehverbindung mit dem Antrieb 48 steht.

Das mit verhältnismäßig hoher Umdrehungszahl rotierende Werkzeug 40 wird in Axialrichtung relativ gegen das Werkstück 54 gepreßt, wobei die Zentrierspitze 58 das Werkzeug an der gewünschten Stelle zentriert. Der rotierende Vorlochungsstempel 42 erwärmt und erweicht das Metall 74 (siehe Figur 4) neben bzw. unterhalb des Kegels 56. Nach Erweichung des Metalls führt ein konstanter, auf das Werkzeug 40 in dessen Axialrichtung ausgeübter Druck zu einem Vorschub des Vorlochungsstempels 42 nach unten, wodurch aus der Werkstückwandung ein kreisrunder Metallpfropfen 76 ausgestoßen und gleichzeitig in der Werkstückwandung ein Vorloch gebildet werden. Der zylindrische Abschnitt 52 weist eine ausreichende Axiallänge auf, um den Metallpfropfen 76 aus der Werkstückwandung herauszudrücken, bevor der konische Abschnitt des Formteils 44 in Berührung mit dem Metall des Werkstückes kommt. Die Form des Vorlochungsstempels 42 führt zu einer



stanzähnlichen Lochung, bei der das Vorloch ohne nennenswerte Deformation des benachbarten Metalls 78 (siehe Figur 4) erzeugt wird. Anschließend erwärmt der rotierende Formteil 44 das Metall bis zu seiner plastischen Phase, worauf dann das Metall in axialer Richtung nach oben und unten um die Oberfläche des Formteils 44 herum abfließt. Aufgrund des kontinuierlich auf das Werkzeug ausgeübten Druckes wird das Werkzeug 40 in einem Arbeitsgang durch das Vorloch gedrückt, das dabei im Durchmesser erweitert und hinsichtlich der axialen Länge vergrößert wird. Bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform ist der obere Abschnitt 62 des Formteils 44 zylindrisch ausgebildet, so daß sich bei Beendigung des Arbeitsganges ein gerades Loch 80 ergibt. Erreicht das Werkzeug seine unterste Arbeitsstellung, so formen Radius 64 und Formschulter 66 gemeinsam an die obere Randverstärkung 82 einen Radius 84.

Auf der Unterseite der Werkstückwandung wird eine untere Randverstärkung 86 gebildet. Das zu Anfang von dem Vorlochungsstempel 42 erhitzte Metall 74 wird weitgehend durch den Metallpfropfen 76 aus dem Vorloch entfernt. Dadurch wird ein welliger oder gezackter unterer Rand der unteren Randverstärkung verhindert, wie er sich bei den meisten vorbekannten Werkzeugen ergibt. Durch die Vorlochung wird auch die konische Verjüngung der unteren Randverstärkung 86 verringert, so daß sich eine vergrößerte Festigkeit des randverstärkten Durchgangsloches 88 ergibt.

Durch Veränderung der Außenkontur des Formteils 44 lassen sich verschiedene Kombinationen von Durchgangslöchern und Randverstärkungen erzielen. Figur 3 zeigt eine abgewandelte Ausführungsform eines Werkzeuges 40a, dessen Formteil 44a über seine komplette Axiallänge konisch ausgebildet ist, wobei der mittlere und obere Abschnitt eine gerade kegelförmige Oberfläche 62a aufweisen, die eine kegelförmige Bohrung 80a im Werkstück 54 erzeugt. Da zwischen Formteil 44a und Formschulter 66 kein Radius

- 13 -

mehr vorgesehen ist, weist die obere Randverstärkung 82a einen scharfen Rand 92 auf.

Das in Figur 2 dargestellte Durchgangsloch 88 kann auch an seinem oberen Rand scharfkantig ausgebildet werden, wenn der Radius 64 eliminiert wird.

Bei der Ausführungsform gemäß Figur 3 geht die konische Wandung 62a des Formteils 44a in eine untere konische Fläche 94 über, die einen größeren Neigungswinkel gegenüber der zentralen Drehachse 50 aufweist als die Oberfläche 62a. Auch hier sind verschiedene Abwandlungen möglich, so könnte z.B. die Oberfläche 94 auch abgerundet sein. Auch zwischen den Abschnitten 62a und 94 könnte ein Radius vorgesehen werden.

Bei der Ausführungsform gemäß Figur 2 bestimmt die Außenkontur 62 Form und Durchmesser des Loches 80. Der Durchmesser des Vorlochungsstempels 42 beeinflusst die Axiallänge des Loches, da der Durchmesser des Metallpfropfens 76 angenähert dem Durchmesser des Vorlochungsstempels entspricht; je mehr Metall in Form des Metallpfropfens 76 abgeführt wird, um so weniger Metall steht zur Bildung der Randverstärkungen bzw. der Buchse des Durchgangsloches 88 zur Verfügung.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird das rotierende Werkzeug 40 in Axialrichtung ortsfest gehalten, während das Werkstück 54 über einen hydraulischen Arbeitstisch 100 (siehe Fig. 3) gegen das Werkzeug bewegt wird. Das Werkstück 54 ist auf dem Arbeitstisch 100 unterhalb des Werkzeuges 40a durch eine Klemmeinrichtung 102 befestigt. Wenn das Werkzeug 40a mit hoher Geschwindigkeit rotiert, wird der Arbeitstisch 100 von einem Hydraulikzylinder 104 angehoben; dabei wird das Werkstück 54 in Kontakt mit dem Vorlochungsstempel 42 gebracht. Zwischen Werkzeug 40a und dem Werkstück 54 wird ein konstanter Axialdruck mit Hilfe einer konventionellen Hydraulikdrucksteuerung 106

- 14 -



- 14 -

aufrechterhalten, die den Hydraulikzylinder 104 beaufschlagt. Der Druck läßt sich an der Hydraulikdrucksteuerung einstellen.

Die Umdrehungszahl des Drehantriebs 48 läßt sich über eine konventionelle Drehzahlregelung 108 steuern.

Sowohl der über den Arbeitstisch 100 ausgeübte Anpreßdruck als auch die Umdrehungszahl des Werkzeuges können gleichzeitig verändert werden, um den in axialer Richtung erfolgenden Metallfluß zu steuern und so eine gewünschte Axialverschiebung des Durchgangsloches 88 gegenüber dem Werkstück 54 zu erzielen. Zusätzlich kann das Werkstück auch über seine gesamte Wandstärke im Bereich des herzustellenden Durchgangsloches durch eine in Figur 5 dargestellte Vorheizeinrichtung 112 erhitzt werden, um den nach oben um das Werkzeug 40 herumgerichteten Metallfluß bei der Formbildung zu verstärken. Obwohl bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel die relative Axialverschiebung zwischen Werkzeug und Werkstück über den Arbeitstisch 100 erfolgt, kann diese Verschiebung auch durch das Werkzeug selbst gegenüber einem stationär gehaltenen Werkstück erfolgen.

Die Vorheizeinrichtung 112 umfaßt eine Bodenplatte 114 sowie eine Justierung 116, die einen punktförmig arbeitenden Erhitzer 118 trägt. Das Werkstück 54 wird in der Justiereinrichtung 116 so angeordnet, daß der punktförmige Erhitzer 118 unmittelbar über der zu erwärmenden Stelle liegt. Der Erhitzer 118 kann ein Punktschweißgerät sein und ist gegenüber dem Werkstück 54 justierbar.

Die in den Figuren 2 und 3 dargestellte Verbindungsstelle 122 zwischen Metallpfropfen 76 und Werkstück 54 wird durch das Wärmeprofil des Werkstückes bestimmt und läßt sich durch Vorerhitzung in der Vorheizeinrichtung 112 beeinflussen.

Während des formbildenden Arbeitsganges wird der Bereich des

Werkstückes um das Werkzeug herum auf eine Temperatur erhitzt, die oberhalb der kritischen Metalltemperatur liegt. Figur 6 zeigt eine Abschreckvorrichtung 130, die oberhalb des Arbeitstisches 100 angeordnet ist und zum schnellen Abkühlen des Durchgangsloches 88 unmittelbar nach seiner Formung dient, um dadurch die Innenfläche zu härten. Die Abschreckvorrichtung umfaßt ein Schutzschild 132, der eine Sprühdüse 134 trägt, an die eine Kühlflüssigkeitsleitung 136 angeschlossen ist. Unmittelbar nach Beendigung des Arbeitsschrittes zur Herstellung des Durchgangsloches wird der Arbeitstisch 100 über den Hydraulikzylinder 104 zusammen mit dem Werkstück 54 abgesenkt; Schutzschild 132 mit Sprühdüse 134 werden zwischen Werkzeug 40 und Werkstück 54 geschoben, und ein Sprühnebel 138 von Kühlflüssigkeit wird unmittelbar auf die frisch hergestellte Durchgangslochung gerichtet, um deren Innenwandung zu kühlen. Der Schutzschild 132 verhindert, daß Spritzer der Kühlflüssigkeit an das stark erhitzte Werkzeug 40 gelangen.

Um die Temperaturstabilität sowie die Verschleißfestigkeit zu erhöhen, kann das Werkzeug 40 mit einem etwa 10 Mikron dicken Oberzug aus Hafnium-Nitrid versehen sein. Das kompakte und unempfindliche Werkzeug kann Metall von einer Rockwell-Härte bis zu 60 bearbeiten.

Aus vorstehender Beschreibung ergeben sich für einen Durchschnittsfachmann zahlreiche Modifikationsmöglichkeiten, die jedoch durch die Patentansprüche mit als erfaßt gelten sollen.

Gr/Gru.

DEERE & COMPANY
Moline, Illinois 61265
U S A

Telefon: (0531) 80079
Telex: 0952620

Anwaltsakte 324-57 EP-1
Datum 24.01.1983

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Herstellen eines beidendig mit einer Randverstärkung (82,86; 82a) versehenen Durchgangsloches (88) in einem Metallwerkstück (54), dessen Wandungsstärke vorzugsweise erheblich kleiner ist als der Durchmesser des herzustellenden Loches (80;80a), wobei ein schnellrotierendes Werkzeug (40; 40a) und/oder das Werkstück (54) in Richtung der Rotationsachse (50) gegeneinandergeführt werden, worauf dann das Werkzeug (40; 40a) unter axial gerichtetem Druck an der für das Durchgangsloch vorgesehenen Stelle des Werkstücks dessen Metall durch Reibungshitze verflüssigt und unter fortschreitendem Vorschub ein Loch bildet, dabei gleichzeitig das verflüssigte Metall aus dem in der Entstehung befindlichen Loch so herausdrückt, daß sich auf beiden Seiten der Werkstückwandung um den Lochaustritt herum die ringwulstartige, mit der Werkstückwandung integrale Randverstärkung (82,86; 82a) bildet, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß zuerst ein kreisrundes Vorloch kleineren Durchmessers durch Ausstoßen eines entfernbaren Metallpfropfens (76) hergestellt wird, worauf dann das das Vorloch umgebende Material durch Reibungskontakt mit dem Werkzeug (40;40a) verflüssigt und unter fortschreitendem Werkzeugvorschub Durchmesser und axiale Länge des Loches auf die gewünschten Endmaße gebracht werden.

- 2 -

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auch die Erzeugung des Vorloches durch Reibungskontakt mit dem rotierenden Werkzeug (40;40a) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Herstellung des Vorloches ein kreisrunder Metallpfropfen (76) erzeugt wird, der in seiner Mitte nur eine geringe Auswölbung aufweist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kontaktbereich zwischen Werkstück (54) und Werkzeug (40;40a) vor dem Anpressen beider Teile gegeneinander vorgeheizt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Werkstückseite auf eine Temperatur über die der unmittelbar gegenüberliegenden Werkstückseite vorgeheizt wird, um so die axiale Länge des Durchgangsloches (88) in Richtung der vorgeheizten Werkstückseite zu verlängern.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß nur der bezogen auf die zentrische Drehachse (50) des Werkzeuges (40;40a) außermittige Kontaktbereich vorgeheizt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Radialbereich außerhalb des Vorlochbereiches unterhalb derjenigen Temperatur gehalten wird, bei der eine Verformung des Metalls um das Werkzeug (40; 40a) erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der relative Axialvorschub des Werkzeuges (40;40a) gegenüber dem Werkstück (54) nach dem Ausstoßen des Metallpfropfens (76) mit angenähert konstantem Druck erfolgt.

- 3 -

BAD ORIGINAL



9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der konstante Druck je nach der gewünschten Axialverschiebung des Durchgangsloches (88) gegenüber dem Werkstück (54) gewählt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Ausstoßen des Metallpfropfens (76) das das Vorloch umgebende Metall über seine kritische Temperatur erhitzt wird, während nach Fertigstellung des Durchgangsloches (88) vor Abkühlung der erhitzten Bereiche das durch das Werkzeug (40;40a) um das Durchgangsloch herum verflüssigte Material abgeschreckt wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Axialverschiebung des Durchgangsloches (88) gegenüber dem Werkstück (54) die Umdrehungszahl des Werkzeuges (40;40a) verändert wird.
12. Werkzeug (40;40a) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das längliche Werkzeug ein erstes, mit einem Drehantrieb (48) zu verbindendes Ende (oberes Ende 46) sowie ein diesem gegenüberliegendes zweites Ende (unteres Ende 42) aufweist, das in eine auf der zentralen Drehachse (50) des Werkzeuges liegende Zentrierspitze (58) ausläuft, und wobei zwischen den beiden Enden (46,42) ein Form- und Durchmesser des Durchgangsloches (88) bestimmendes Formteil (44;44a) angeordnet ist, das rotations-symmetrisch zur genannten Drehachse (50) ausgebildet ist und einen unteren konischen Abschnitt (94) aufweist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das untere Ende (42) des Werkzeuges aus einem zylindrischen Abschnitt (52) besteht, der gegenüber dem größten Durchmesser des Formstücks (44,44a) einen kleineren Durchmesser aufweist, nach unten in einen stumpfwinkligen Kegel (56) übergeht und mit diesem einen Vorlochungsstempel bildet.

13. Werkzeug nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Länge des Vorlochungstempels (52,56,58) zumindest der Wandungsstärke des Werkstückes (54) entspricht.
14. Werkzeug nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Neigungswinkel (α) des Kegels (56) zwischen 60° und 85° liegt.
15. Werkzeug nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Neigungswinkel (α) etwa 75° beträgt.
16. Werkzeug nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß sein oberes Ende (46) eine abgesetzte, axial gerichtete und nach unten weisende Formschulter (66) bildet, deren Durchmesser größer ist als der größte Durchmesser des Formteils (44;44a).
17. Werkzeug nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Formteil (44) mit einem zylindrischen Abschnitt (62) an die Formschulter (66) anschließt.
18. Werkzeug nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Formteil (44) von seinem zylindrischen Abschnitt (62) nach unten konisch auf den Durchmesser des Vorlochungstempels (52,56,58) verjüngt.
19. Werkzeug nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Formteil (44a) über seine gesamte axiale Länge nach unten konisch auf den Durchmesser des Vorlochungstempels (52,56,58) verjüngt.
20. Werkzeug nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß es aus Hartmetall besteht.

21. Werkzeug nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Formteil (44;44a) aus Hartmetall und die Formschulter (66) aus einem Werkzeugstahl geringerer Härte bestehen.
22. Werkzeug nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Oberzug aus Hafnium-Nitrid aufweist.
23. Werkzeug nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß es aus Keramik besteht.
24. Werkzeug nach einem der Ansprüche 12 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Kegel (56) eine im wesentlichen glatte und durchgehende Oberfläche aufweist.
25. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 mit einem Werkzeug nach einem der Ansprüche 12 bis 24, gekennzeichnet durch einen hydraulisch anhebbaren Arbeitstisch (100) zur Aufnahme des Werkstückes (54) und durch eine Hydrauliksteuerung (106) für die Betätigung des Arbeitstisches und zur Aufrechterhaltung eines angenähert konstanten vorgewählten Druckes zwischen dem Formteil (44;44a) des Werkzeuges (40;40a) und dem Werkstück (54).
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Hydrauliksteuerung (106) eine Druckeinstellvorrichtung aufweist.
27. Vorrichtung nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Umdrehungszahlen des Drehantriebs (48) für das Werkzeug (40;40a) durch eine Drehzahljustiereinrichtung (108) veränderlich sind.
28. Vorrichtung nach Anspruch 25, 26 oder 27, gekennzeichnet durch ein Punktschweißgerät (118) zur Aufheizung des Werkstückes (54).

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß zum Abschrecken des Werkstückes (54) eine Kühlmittelquelle (134,136) vorgesehen ist, die bei angehobenem Werkzeug (40) unter diesem hindurch über den abzuschreckenden Bereich des Werkstückes verschiebbar ist und nach oben einen das Werkzeug (40) vor Kühlmittelspritzern schützendes Schutzschild (132) trägt.

Patentanwälte

G r a m m + L i n s

Gr/Gru.



1/2

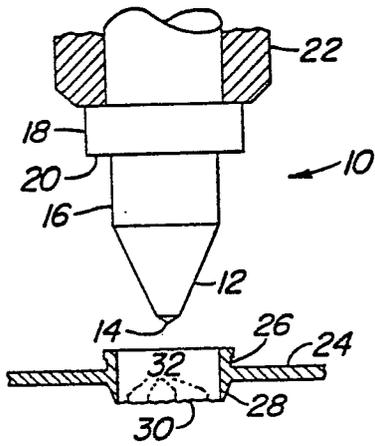


FIG. 1
(PRIOR ART)

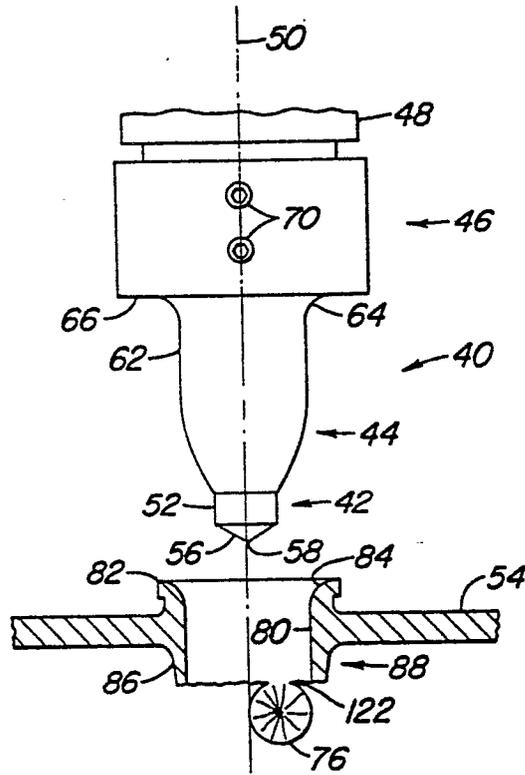


FIG. 2

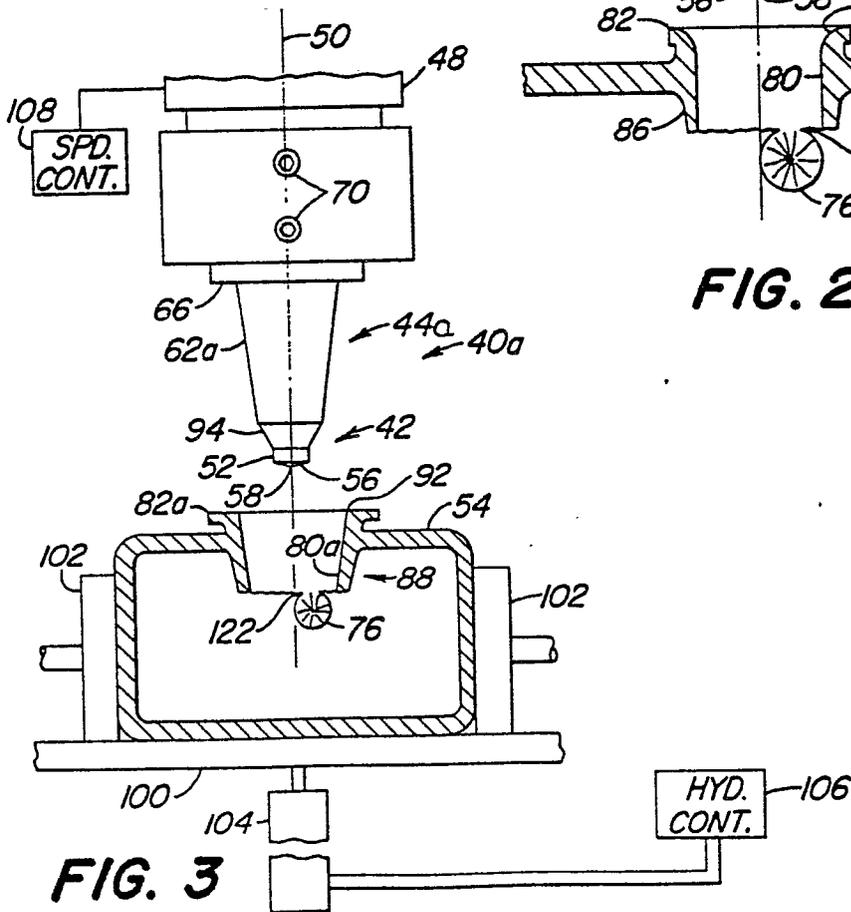


FIG. 3

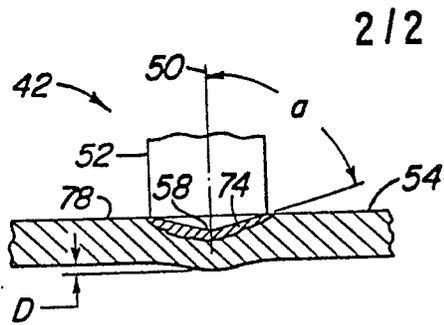


FIG. 4

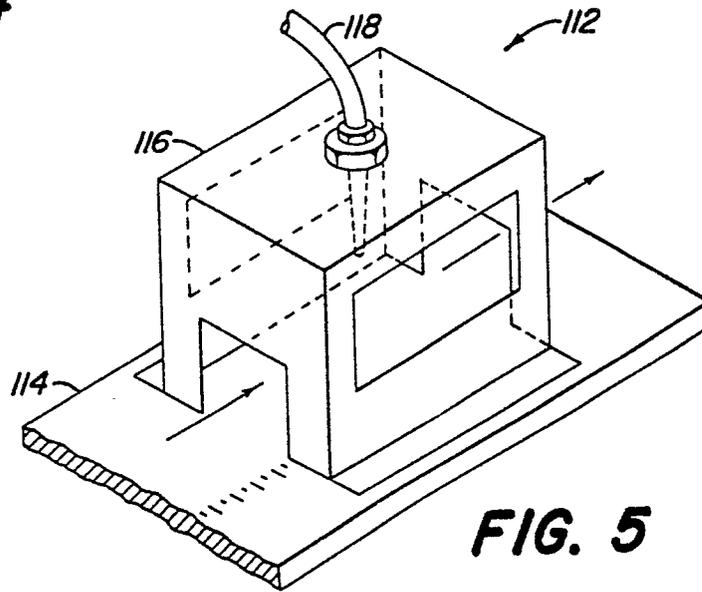


FIG. 5

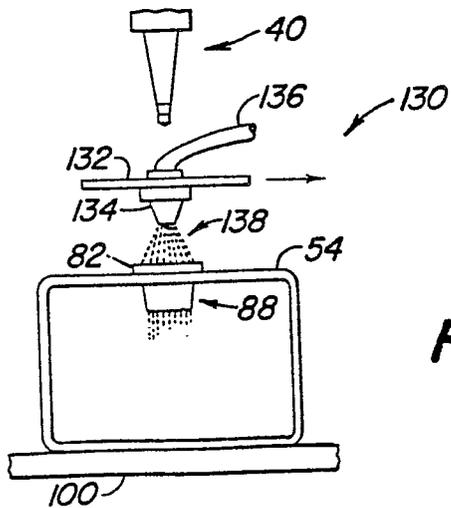


FIG. 6