



(11)

EP 1 537 951 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.01.2011 Patentblatt 2011/04

(51) Int Cl.:
B25B 11/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04400066.9**

(22) Anmeldetag: **29.11.2004**

(54) **Verfahren und Anordnung zur Bearbeitung von Dünnscheiben und dünnwandigen, einfach oder doppelt gekrümmten Platten oder Schalen**

Method and device for machining thin sheets and thin, single or double curved plates or shells

Procédé et équipement pour l'usinage de tôles minces et de plaques ou coupes minces simplement ou doublement courbées.

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **01.12.2003 DE 10357268**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.06.2005 Patentblatt 2005/23

(73) Patentinhaber: **MB-PORTATEC GmbH
01936 Schmorkau (DE)**

(72) Erfinder:
• **Metzner, Thilo
01936 Königsbrück (DE)**

• **Metzner, Simon
01936 Schmorkau (DE)**

(74) Vertreter: **Kailuweit, Frank
Patentanwälte Kailuweit & Uhlemann
Bamberger Strasse 49
01187 Dresden (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1- 4 030 113 DE-U1- 8 703 223
DE-U1- 20 117 390 FR-A- 2 784 926
US-A- 4 808 046 US-A- 5 141 212**

EP 1 537 951 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Bearbeitung von Dünnschichten und dünnwandigen, einfach oder doppelt gekrümmten, dreidimensional geformten Blechen, Platten oder Schalen, insbesondere durch materialabtragende Bearbeitungsverfahren, wie Fräsen und Bohren, nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1 bzw. 3 sowie die Verwendung eines Verteilers oder Diffusors in einer solchen Anordnung.

[0002] Bei der materialabtragenden Bearbeitung von dünnwandigen Blechen sind die Bearbeitungskräfte und damit die Vorschubgeschwindigkeiten maßgeblich von den Möglichkeiten des Fixierens der Teile beim Durchtrennen der Verbindung zum Restgitter abhängig. Insbesondere gilt das beim Herstellen von kleinen Teilen, wo oft die übliche Vakuumspannung keine genügend große Fläche vorfindet, um das Teil zu halten.

[0003] Bekanntermaßen wird versucht, durch die Erhöhung des Oberflächenreibungswertes von auswechselbaren Unterlagen aus Papier oder ähnliche, teilweise luftdurchlässigen Materialien eine größere, durch das Vakuum verursachte Haftreibung zu erzielen.

Haftspray oder ähnliche Mittel sind jedoch produktionstechnisch schwer zu handhaben, da zugleich alle ungewünschten Partikel wie Späne und dergleichen auf den Auflageflächen haften und erhebliche Risiken für eine einwandfreie Vakuumspannung darstellen.

[0004] Bekannte Unterlagen mit Saugnapfcharakter aus Gummi sind kostenintensiv und für Kleinstteile weniger gut geeignet.

[0005] Aus der DE 201 17 390 U1 ist eine Vorrichtung zum Spannen von zu bearbeitenden Platten mit Unterdruck bekannt. Die Vorrichtung weist eine ebene Abstützplatte auf, die von ihrer Oberseite zu ihrer Unterseite führende Durchbrechungen besitzt. Zwischen der Oberseite der Abstützplatte und der Unterseite einer zu bearbeitenden Werkstückplatte ist eine begrenzt luftdurchlässige Schicht aus Filterpapier angeordnet. Über eine Vakuumpumpe kann ein partielles Vakuum erzeugt werden, welches über Durchströmungsdrosselmittel und über die begrenzt luftdurchlässige Schicht auf das Werkstück wirkt. Dadurch wird es ermöglicht, unabhängig von dem jeweiligen Umriss der zu bearbeitenden Platte an deren Unterseite einen zum Spannen hinreichend großen Unterdruck zu erzeugen.

In einer Weiterentwicklung ist die Abstützplatte für sich genommen nicht formstabil, sondern folienartig dünn und flexibel. Wenn eine solche Abstützplatte unter Zwischenordnung von luftdurchlässigem Filtermaterial definierter Dicke auf der Basisplatte angeordnet wird, ergibt sich eine definierte Oberseite der Abstützplatte, die zum Spannen von zu bearbeitenden Platten unter Zwischenordnung des begrenzt luftdurchlässigen Materials vollständig geeignet ist.

[0006] Nachteil ist die Verwendung zweier dünnwandiger, folienartiger Schichten, die der definierten Erzeugung eines Vakuums dienen. So kann es durch Gleitrei-

bung an den Grenzschichten dieser beiden Folien zu lokalen Verschiebungen und damit zu Positionsänderungen des zu spannenden Werkstückes kommen. Zudem erfordert die technologische Fertigungsvorbereitung das Aufspannen zweier biegeschlaffer Folien auf dem Vakuumtisch.

[0007] Ein weiterer Nachteil ist, dass insbesondere bei stark strukturierten, z. B. skelettartig oder fischgrätenförmig gestalteten Werkstücken und bei der Bearbeitung mit hohen Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten, wie beispielsweise bei der Fräsbearbeitung mit Schaftfräsern, keine sichere Lagefixierung des Werkstückes auf dem Vakuumtisch realisiert werden kann.

[0008] Aus DE 40 30 113 C2 ist eine Vorrichtung zum Spannen von zu bearbeitenden Platten bekannt, bei der die Grundplatte, auf der die spanend zu bearbeitenden Werkstücke aufgenommen werden, eine Vielzahl dicht beabstandeter Durchgangsbohrungen mit einem Durchmesser zwischen 0,1 und 1,0 mm aufweist. Nachteil dieser Anordnung sind die vergleichsweise hohen Fertigungskosten für die Herstellung der Grundplatte.

Um bei der spanenden Bearbeitung, insbesondere beim Fräsen, eine Kontaktierung zwischen den Hauptschneiden des rotierenden Schneidwerkzeuges und der Oberfläche der Grundplatte auszuschließen, wird in einer bevorzugten Weiterbildung auf der Oberseite der Grundplatte ein austauschbares Verschleißmaterial aufgelegt. Das vorzugsweise verwendete Filterpapier bewirkt eine Änderung des Volumenstroms beim Anlegen eines Unterdrucks an die Grundplatte. Aufgabe des Filterpapiers ist es zudem, die bei der Bearbeitung der Platte anfallenden Späne vor dem Eindringen in die Bohrungen der Grundplatte zurückzuhalten, um so eine Beschädigung der Vakuumpumpe zu verhindern.

[0009] Aus DE 87 03 223 U1 ist eine Vakuum-Spannplatte bekannt, bei der sich auf der Oberfläche der Aufspannfläche ein Haftbelag befindet, der vorzugsweise aus einer gelochten Matte aus Gummi oder Kunststoff besteht oder alternativ auf der Aufspannfläche aufgespritzt ist. Der wiederverwendbare Haftbelag soll dabei die Aufnahme der wirkenden Vorschubkräfte beim Walz- oder Stirnfräsen sicherstellen.

Durch den vorgeschlagenen Einsatz eines elastischen Haftbelages kann diese Aufgabe technisch nicht gelöst werden. So kommt es bei der Verwendung eines Haftbelages aus gelochtem Gummi oder gelochtem Kunststoff unter dem Einfluss der wirkenden Schnitt- und Vorschubkräfte zu einer torsionsartigen Bewegung des aufgespannten Werkstückes, die zwangsläufig zu Lage- bzw. Formabweichungen führt.

[0010] Ein Verfahren bzw. eine Anordnung zur Bearbeitung von Dünnschichten gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 3 ist aus der US 5,141,212 bekannt. Ebenso wird die Verwendung eines Verteilers oder Diffusors gezeigt.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu eliminieren und ein Verfahren zur sicheren Aufnahme von spanend zu bearbeitenden

Werkstücken, insbesondere von stark strukturierten, durchbrochenen Teilen auf einem Vakuumtisch sowie eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens vorzuschlagen.

[0012] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1, eine Anordnung nach Anspruch 3 sowie die Verwendung eines Verteilers oder Diffusors nach Anspruch 4. Vorzugsweise Weiterbildungen sind in den rückbezogenen Unteransprüchen dargelegt.

[0013] Bei dem Verfahren wird in einem ersten Schritt unter Verwendung eines Vakuums über eine als Verteiler oder Diffusor wirkende Schicht auf der Oberfläche des zu spannenden Werkstückes eine für die Lagefixierung hinreichend große Haltekraft erzeugt.

In einem zweiten Schritt folgt die spanende Bearbeitung des Werkstückes, wobei die Schnittparameter, insbesondere die Schnittgeschwindigkeit und die Vorschubgeschwindigkeit so eingestellt werden, dass es zu einer gezielten lokalen Erwärmung in der Berührungszone von Werkzeug und Werkstück kommt, wobei die Temperaturspitze größer oder gleich der Schmelztemperatur der Oberfläche des Verteilers oder Diffusors ist. Neben den Spänen betrifft die Erwärmung besonders den Grat. Durch das temporäre, lokale Aufschmelzen wird eine formschlüssige Verbindung und eine Verklebung des Grates auf der Oberfläche des Verteilers/Diffusors bewirkt.

Nach der vollständigen spanenden Bearbeitung des Werkstückes wird in einem dritten Schritt die Vakuumspannung gelöst und das Werkstück von der Spaneinrichtung abgehoben.

[0014] Die Anordnung besteht aus einem Vakuumtisch mit einer Basisplatte, die eine Vielzahl von Luftabzugskanälen oder -bohrungen aufweist, die an der Oberseite der Basisplatte münden. Auf der Oberseite der Basisplatte ist eine dünnwandige, folienartige, Schicht angeordnet, die vollständig oder partiell luftdurchlässig ist. Vorzugsweise weist die etwa 0,1 mm bis 1,0 mm starke homogene Schicht gleichförmig oder stochastisch angeordnete Perforierungen auf, die den Luftdurchtritt ermöglichen. In Abhängigkeit von den zu bearbeitenden Werkstückklassen und deren Konturen sind die Perforierungen vorzugsweise in Form eines Gitternetzes oder einer Matrix angeordnet. In weiteren vorzugsweisen Ausgestaltungen weisen die einzelnen Perforierungen eine mäanderförmige Struktur auf oder sind als konzentrische Kreise ausgebildet.

In Abhängigkeit von der zu bearbeitenden Losgröße bzw. Stückzahl ist in einer weiteren vorzugsweisen Ausbildung die Anordnung der Perforierungen direkt an die Kontur des jeweils zu bearbeitenden Werkstückes bzw. Werkstücksortimentes angepasst. Durch die räumliche Anordnung der einzelnen Elemente der Perforierung und deren Abstand zueinander können durch die Vakuumspanneinrichtung definierte, konstante Spannungen an der Unterseite des zu bearbeitenden Werkstückes erzeugt werden. Um eine sichere Spannung auch bei grö-

ßeren Schnittkräften, insbesondere beim Konturenfräsen mit hohen Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten zu ermöglichen, weist wenigstens die dem zu spannenden Werkstück zugewandte Oberfläche der Schicht eine Benetzung mit einem bei leichter Erwärmung aufschmelzenden Kunststoff auf. In einer vorzugsweisen Ausbildung besteht die homogene Schicht aus einer dünnwandigen Polyethylen-Folie mit einer Anzahl symmetrisch angeordneter Perforierungen.

[0015] Die Schicht besteht aus einem umweltfreundlichen, luftdurchlässigen Trägermaterial, wie Papierfließ oder textiles Gewebe, auf dessen Oberfläche punkt- oder linienförmig ein leichtschmelzender Kunststoff aufgebracht ist.

[0016] In einer weiteren, gleichfalls bevorzugten Ausgestaltung weisen Ober- und Unterseite der Schicht eine partielle Benetzung oder Beschichtung mit einem leichtschmelzenden Kunststoff auf. Dadurch kann diese Schicht zweimal verwendet werden, weil nach einer etwaigen Beschädigung der, dem zu spannenden Werkstück zugewandten Oberfläche durch ein spanabhebendes Werkzeug noch die intakte Unterseite der Schicht für den nachfolgenden Arbeitsgang verwendet werden kann.

[0017] Bei der spanenden Bearbeitung eines Werkstückes, insbesondere bei der Bearbeitung von Aluminium, bildet sich an der Unterkante des Werkstückes ein feiner, mit bloßem Auge kaum wahrnehmbarer Grat aus. Dieser Grat dringt zum einen in die weiche, nachgiebige Oberfläche der Schicht ein und verklammert sich in ihr. Zudem wurde festgestellt, dass es bei der spanenden Bearbeitung mit hohen Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten trotz der guten Wärmeableitung zu einer kurzzeitigen, lokalen Erwärmung des Werkstückes im Bereich der Schnittkante kommt. Die Reibungswärme zwischen Werkzeug und Werkstück führt lokal und temporär zu einem Aufschmelzen des Kunststoffes an der Oberfläche der Schicht im Bereich der Schnittkante, d. h. an der gesamten Außenkontur des Werkstückes und in der Folge zu einer formschlüssigen, thermoplastischen Verklammerung der Unterseite des Werkstückes mit der Oberfläche des vom Vakuumspanntisch in seiner Lage fixierten Schicht.

Die verwendete, etwa 0,1 mm bis 1,0 mm starke Schicht ist relativ weich und besitzt eine mittlere mechanische Stabilität, um ein Eindringen von scharfen Kanten z. B. Grat zu ermöglichen. Sie ist wiederverwendbar und aufgrund ihrer vorzugsweise glatten Oberfläche leicht zu reinigen. Überdies bleiben keine unerwünschten Partikel (Spanbruchstücke) auf der Schicht haften.

[0018] Die Erfindung wird anhand zweier Ausführungsbeispiele näher beschrieben:

Ausführungsbeispiel 1:

Für das Konturenfräsen und -bohren eines Aluminium-Dünobleches (Figur) mit einem Schaftfräser wird auf dem Vakuumtisch einer Portal-

fräsanlage eine 0,2 mm starke Polyethylenfolie mit gleichförmig angeordneten Perforierungen aufgelegt. Darauf wird ein Aluminiumblech zu-

schnitt positioniert und nachfolgend über die Va-

kuumspanneinrichtung das Halbzeug in seiner

Lage fixiert. Die Schnitttiefe a ist geringfügig grö-

ßer als die Blechdicke s des zu bearbeitenden

Halbzeuges. Drehzahl n bzw. Schnittgeschwin-

digkeit v_s und Zahnvorschub s_z bzw. Vorschub

s sind so gewählt, dass es auf Grund der Rei-

bungswärme zwischen den Hauptschneiden

des Schaftfräasers und dem Werkstück zu einer

lokalen Erwärmung von $\geq 120^\circ\text{C}$ kommt.

Durch das Abfließen der Reibungswärme in

Richtung des Vakuums kommt es zu einem

Erweichen der oberflächennahen Zone der

Polyethylenfolie und in der Folge zu einer An-

haftung und formschlüssigen Verklammerung

des sich beim Schaftfräsen an der Unterseite

des Aluminiumbleches bildenden Grates. Durch

diese Verbindung wird ein axiales Verschieben

des Aluminium-Bleches auf der als Verteiler

oder Diffusor wirkenden dünnwandigen Poly-

ethylen-Schicht, ebenso wie eine etwaige Torsi-

onsbewegung wirksam verhindert.

Ausführungsbeispiel 2:

Für die Fräsbearbeitung eines fischgrätenartig

geformten Aluminium-Dünobleches mittels

Formfräser wird auf der Vakuumschneinrich-

tung einer Kreuzschiebtisch-Fräsmaschine als

Verteiler/Diffusor eine dünnwandige, luftdurch-

lässige Vlieschicht aufgelegt, die an ihrer, dem

zu spannenden Halbzeug zugewandten Ober-

seite eine Vielzahl wärmereaktiver Kunststoff-

knoppen aufweist. Die Schichtdicke des Papierv-

lieses beträgt etwa 0,1 mm.

Für die Bearbeitung großer Stückzahlen bzw.

Losgrößen ist die Anordnung der Kunststoffknop-

pen an den Umriss der zu fräsenden Kontur des

Werkstückes angepasst. Dadurch kann zum ei-

nen die Menge des auf dem Vlies aufzubringen-

den Kunststoffs aus ökologischer Sicht begrenzt

werden. Zum Zweiten kann die Anordnung der

Kunststoffknoppen für die leichtere Positionie-

rung und Justierung der zu spannenden Werk-

stücke auf dem Vakuumtisch genutzt werden.

Dazu werden vorzugsweise farbige Kunststoff-

knoppen appliziert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung von Dünoblechen und dünnwandigen, einfach oder doppelt gekrümmten, dreidimensional geformten Blechen, Platten oder

Schalen, insbesondere durch materialabtragende Bearbeitungsverfahren, wie Fräsen und Bohren, bei dem in einem ersten Schritt unter Verwendung eines Vakuums über eine als Verteiler oder Diffusor wirkende Schicht auf der Oberfläche des zu spannenden Werkstückes eine für die Lagefixierung hinreichend große Oberflächenspannung erzeugt wird, und in einem zweiten Schritt die spanende Bearbeitung des Werkstückes erfolgt, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Schnittparameter, insbesondere die Schnittgeschwindigkeit und die Vorschubgeschwindigkeit so eingestellt werden, dass es zu einer definierten lokalen Erwärmung in der Berührungszone von Werkzeug und Werkstück kommt, wobei die Temperaturspitze grösser oder gleich der Schmelztemperatur der Oberfläche des Verteilers oder Diffusors ist, und nach der vollständigen spanenden Bearbeitung des Werkstückes die Vakuumschneinrichtung gelöst und das Werkstück von der Spanneinrichtung abgehoben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** das Werkstück mittels eines Luftkissens von der Spanneinrichtung abgehoben wird.
3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, im Wesentlichen bestehend aus einem Vakuumtisch mit einer Basisplatte, die eine Vielzahl von Luftabzugskanälen oder -bohrungen aufweist, die an der Oberseite der Basisplatte münden, wobei auf der Oberseite der Basisplatte ein Verteiler oder Diffusor angeordnet ist, der aus einer dünnwandigen, vollständig oder partiell luftdurchlässigen, wärmereaktiven Schicht besteht, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht aus einem ökologisch abbaubaren Trägermaterial besteht, auf der ein- oder beidseitig ein luftdurchlässiger, leichtschmelzender Kunststoff aufgebracht ist oder bei dem das Trägermaterial aus Papiervlies oder textilen Gewebe besteht, auf dessen Oberfläche punkt- oder linienförmig ein leichtschmelzender Kunststoff aufgebracht ist.
4. Verwendung eines Verteilers oder Diffusors in einer Anordnung nach Anspruch 3 aus einer dünnwandigen, vollständig oder partiell luftdurchlässigen, wärmereaktiven Schicht, die als homogene Schicht ausgebildet ist und bei der Anzahl, Anordnung und Größe der Perforierungen dem Umriss oder der projizierten Fläche des zu bearbeitenden Werkstückes oder der zu bearbeitenden Werkstücke angepasst sind, zur Bearbeitung von Dünoblechen und dünnwandigen, einfach oder doppelt gekrümmten, dreidimensional geformten Blechen, Platten oder Schalen, durch materialabtragende Bearbeitungsverfahren, vorzugsweise durch Fräsen oder Bohren.

Claims

1. Method for machining thin sheets and thin, single or double curved, three-dimensionally formed sheets, plates or shells, particularly by material removing machining methods, such as milling and drilling, wherein in a first step using a vacuum a surface tension sufficient for fixing the position is produced over a layer acting as a distributor or diffusor on the surface of the workpiece to be clamped and in a second step, machining of the workpiece is performed, **characterized by** that the cutting parameters, particularly the cutting speed and feed rate are set such that a defined local heating in the contact region of the tool and workpiece is created, whereby the peak temperature being higher than or equal to the melting point of the surface of the distributor or diffusor, and after machining of the workpiece has been completed, vacuum clamping is released and the workpiece is removed from the clamping device.
 2. Method to claim 1, **characterized by** that the workpiece is removed from the clamping device using an air cushion.
 3. Device for performing the method to claim 1 or 2, essentially comprising a vacuum table provided with a base plate which has a plurality of air exhausting channels or holes exiting at the top surface of the base plate, wherein at the top surface of the base plate a distributor or diffusor comprising a thin, totally or partially air-permeable, heat-reactive layer is arranged, **characterized by** that the layer comprises an ecologically degradable carrier material whereby an air-permeable, low-melting plastic material is applied on one or both sides of the carrier material or the carrier material is made of a paper web or textile fabric whereby a low-melting plastic material is applied at the surface of the carrier material in punctiform or linear manner.
 4. Use of a distributor or diffusor in a device to claim 3 comprising a thin, totally or partially air-permeable, heat activated layer established as a homogeneous layer, with the number, arrangement and size of the perforations being adapted to the contour or projected area of the workpiece, or workpieces to be machined, for the machining of thin sheets and thin, single or double curved three-dimensionally formed sheets, plates or shells by material removing machining methods, preferably milling and drilling.
- en particulier par des méthodes d'usinage par enlèvement de matière comme le fraisage ou le perçage, selon lequel, au cours d'une première étape, en faisant appel à un vide, on produit sur la surface de la pièce à serrer, au moyen d'une couche servant de distributeur ou de diffuseur, un serrage superficiel suffisamment important pour l'immobiliser, et au cours d'une deuxième étape, on effectue l'usinage de la pièce par enlèvement de matière, **caractérisé en ce que** les paramètres de coupe, en particulier la vitesse de coupe et la vitesse d'avancement, sont réglés de telle sorte qu'il se produit un échauffement local défini dans la zone de contact de l'outil et de la pièce, sachant que la température maximale est supérieure ou égale à la température de fusion de la surface du distributeur ou diffuseur, et une fois l'usinage de la pièce par enlèvement de matière totalement achevé, on supprime le serrage par vide et on dégage la pièce du dispositif de serrage.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pièce est dégagee du dispositif de serrage au moyen d'un coussin d'air.
 3. Équipement pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1 ou 2, constitué pour l'essentiel d'une table à vide avec une plaque de base qui présente une multiplicité de canaux ou perçages d'évacuation d'air qui débouchent sur le dessus de la plaque de base, sachant qu'un distributeur ou diffuseur est disposé sur le dessus de la plaque de base, lequel est constitué d'une couche à paroi mince, réactive à la chaleur et totalement ou partiellement perméable à l'air, **caractérisé en ce que** la couche est constituée d'un matériau porteur biodégradable, sur lequel est appliquée d'un côté ou des deux côtés, une matière plastique perméable à l'air et facilement fusible, ou selon lequel le matériau porteur est constitué d'un non-tissé en papier ou d'un tissu textile sur la surface duquel est appliquée ponctuellement ou linéairement une matière plastique facilement fusible.
 4. Utilisation d'un distributeur ou diffuseur dans un équipement selon la revendication 3, constitué d'une couche à paroi mince, réactive à la chaleur et totalement ou partiellement perméable à l'air, qui est réalisée sous forme de couche homogène et dont le nombre, la disposition et la taille des perforations sont adaptés au contour ou à la surface projetée de la pièce à usiner ou des pièces à usiner, pour l'usinage de tôles minces et de tôles, plaques ou coques à paroi mince simplement ou doublement courbées, formées en trois dimensions, par des méthodes d'usinage par enlèvement de matière, de préférence par fraisage ou perçage.

Revendications

1. Procédé pour l'usinage de tôles minces et de tôles, plaques ou coques à paroi mince simplement ou doublement courbées, formées en trois dimensions,

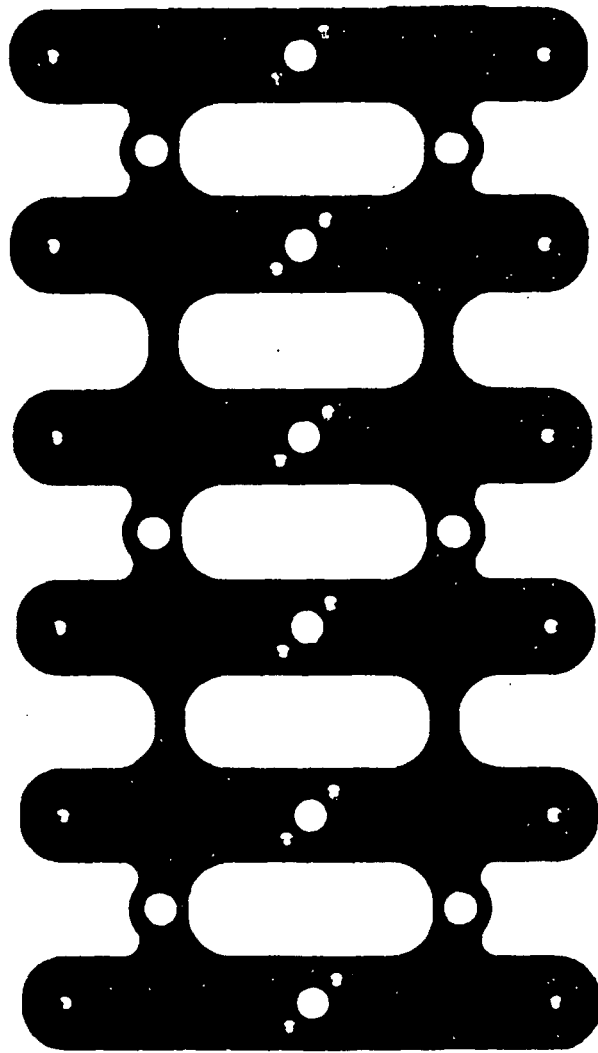


Fig.

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 20117390 U1 [0005]
- DE 4030113 C2 [0008]
- DE 8703223 U1 [0009]
- US 5141212 A [0010]