



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 10 987 B3** 2004.04.08

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 10 987.0**  
(22) Anmeldetag: **07.03.2003**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **08.04.2004**

(51) Int Cl.7: **B23P 13/02**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:  
**PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 01217  
Dresden**

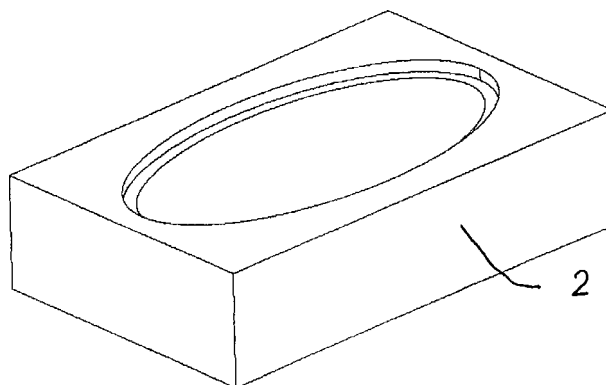
(72) Erfinder:  
**Himmer, Thomas, Dipl.-Ing., 01307 Dresden, DE;  
Techel, Anja, Dr.-Ing., 01462 Cossebaude, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 198 25 448 C2**  
**DE 102 11 511 A1**  
**DE 102 10 420 A1**  
**DE 101 56 332 A1**  
**DE 101 44 508 A1**  
**DE 100 14 744 A1**

(54) Bezeichnung: **Werkzeugmaschine und Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Bauteilen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Bauteile, bei der zumindest teilweise eine zerspanende Bearbeitung durchgeführt wird. Aufgabengemäß sollen solche dreidimensionalen Bauteile kostengünstig mit unterschiedlichsten Konturen oder Konturelementen bei gleichzeitig erhöhter Fertigungsgenauigkeit hergestellt werden können. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dabei so ausgebildet, dass unmittelbar in einer Werkzeugmaschine eine in Richtung auf mindestens ein Spanwerkzeug offene Gussform, in einer Einspannung gehalten, angeordnet wird. So kann eine spanende Bearbeitung eines in der Gussform ausgehärteten Werkstoffes ohne eine zwischenzeitliche Entformung durchgeführt werden.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine sowie ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Bauteile, bei der zumindest teilweise eine spanende Bearbeitung durchgeführt wird.

[0002] Mit der Erfindung können unterschiedliche Bauteile, wie beispielsweise Modelle, Werkzeuge oder Werkzeugeinsätze hergestellt werden. Sie kann aber auch für die Herstellung von kleinen und mittleren Losgrößen eingesetzt werden, wobei die entsprechend hergestellten Bauteile auch zumindest in bestimmten Oberflächenbereichen komplizierte Konturen aufweisen können.

[0003] Üblicherweise werden dreidimensionale Bauteile mittels unterschiedlicher Technologien hergestellt.

[0004] So kann ein dreidimensionales Bauteil beispielsweise ausschließlich mittels spanender Bearbeitung hergestellt werden, wobei prinzipbedingt zumindest ein Oberflächenbereich mittels Werkzeugmaschinen, unter die auch Bearbeitungszentren fallen können, entweder nicht oder erst nach einem Umspannen in der einen oder einer weiteren Werkzeugmaschine bearbeitet werden kann.

[0005] Dreidimensional gestaltete Bauteile können aber auch mittels herkömmlicher Gießtechnologien, bei denen eine flüssige Schmelze in eine Gussform gegeben und nach dem Aushärten ein Entformungsschritt durchgeführt wird, hergestellt werden. Bei so gießtechnisch hergestellten Bauteilen ist häufig nachfolgend eine spanende Nachbearbeitung erforderlich, um z.B. bestimmte Oberflächen zu bearbeiten oder auch Bohrungen oder Bohrungen mit Gewinde auszubilden. Hierzu werden die Gussteile nach dem Entformen in der Regel, nach einem mehr oder weniger langen Transport, spanend nachbearbeitet.

[0006] Gusstechniken mit denen Bauteile präziser hergestellt werden können, erfordern einen hohen anlagentechnischen Aufwand. Die erforderlichen Gussformen sind kostenintensiv und es können trotz hoher Aufwendungen nicht überall komplex ausgebildete geometrische Gestaltungsformen realisiert werden. Beim Gießen ist eine Ausbildung von Gewindestrukturen an bzw. innerhalb eines solchen Bauteiles in der Regel unmöglich.

[0007] Des Weiteren ist es bei den herkömmlichen Gießtechniken nachteilig, dass häufig geteilte Gussformwerkzeuge eingesetzt werden müssen, die vor dem Befüllen mit der Schmelze hochpräzise und passgenau zusammengesetzt werden können, so dass es zu einem Versatz kommen kann. Bei geteilten Formwerkzeugen ist außerdem häufig eine spanende Nachbearbeitung im Nahtbereich erforderlich.

[0008] Für das Gießen geeignete Werkstoffe dehnen sich beim Aushärten häufig aus, so dass eine Volumenvergrößerung auftritt oder es kann auch eine Volumenverringerng, also ein Schrumpfen auftreten. Diese Einflussgröße kann nicht ohne weiteres

vorab bei der Herstellung der Formwerkzeuge ausreichend berücksichtigt werden. Diese unerwünschten Volumenveränderungen am ausgehärteten Werkstoff können außerdem auch nicht gleichmäßig innerhalb des Bauteiles auftreten, sondern auch die geometrische Gestaltung der jeweiligen Bauteilform hat hierbei einen mehr oder weniger großen Einfluss. [0009] Es kann auch nicht gewährleistet werden, dass gießtechnisch hergestellte Bauteile immer identisch gestaltet und dimensioniert sind, so dass die nacheinander hergestellten Bauteile nicht immer vollkommen identisch sind, was aber häufig gefordert ist. [0010] Des Weiteren kann nicht ohne weiteres gewährleistet werden, dass beispielsweise mechanische Schnittstellen, wie Bohrungen oder Nuten, die beispielsweise für die positionsgenaue Verbindung von weiteren Komponenten an bzw. mit einem solchen Bauteil erforderlich sind, exakt positioniert worden sind.

[0011] Dies betrifft auch die häufig nicht ausreichende Positioniergenauigkeit von Spannflächen oder Spannungspunkten für eine gegebenenfalls erforderliche nachfolgende spanende Bearbeitung, so dass auch da Positionierungsfehler nicht vermieden werden können.

## Stand der Technik

[0012] So ist in DE 101 44 508 A1 ein Verfahren zur Steuerung von Relativbewegungen eines Werkzeuges gegen ein Werkstück beschrieben.

[0013] Die in DE 101 56 332 A1 beschriebene Lösung betrifft ein Verfahren und ein Baukastensystem für die schnelle Herstellung von Gießformen.

[0014] Auf Möglichkeiten für die Herstellung von metallischen Hohlformen ist in DE 100 14 744 A1 hingewiesen worden und aus DE 198 25 448 C2 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum direkten Herstellen einer verlorenen Gießform für Gussstücke aus Metall bekannt.

## Aufgabenstellung

[0015] Es ist daher Aufgabe der Erfindung Möglichkeiten vorzuschlagen, wie dreidimensionale Bauteile kostengünstig mit unterschiedlichsten Konturen oder Konturelementen, bei gleichzeitig erhöhter Fertigungsgenauigkeit hergestellt werden können.

[0016] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mittels einer Werkzeugmaschine die die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist und mittels eines Verfahrens gemäß dem Anspruch 4 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungsformen und Weiterbildungen der Erfindung können mit den in, den untergeordneten Ansprüchen bezeichneten Merkmalen erreicht werden.

[0017] Bei der erfindungsgemäßen Lösung werden die Vorteile herkömmlicher Gießtechnik und spanender Bearbeitung miteinander kombiniert.

[0018] So ist unmittelbar in einer an sich herkömmlichen Werkzeugmaschine, die für eine spanende Be-

arbeitung geeignet ist, eine Gussform angeordnet und in einer solchen Werkzeugmaschine gespannt gehalten.

[0019] Die Gussform ist zumindest an einer Seite offen, so dass ein in der Gussform enthaltenes Gussteil, das ein Halbzeug bildet, spanend bearbeitet werden kann.

[0020] Bei der Herstellung kann dabei so vorgegangen werden, dass auch der gießtechnische Vorgang für die Herstellung des Gussteiles unmittelbar in der Werkzeugmaschine durchgeführt wird. Dementsprechend kann nach dem Aushärten der Schmelze des für das Gussteil eingesetzten Werkstoffes eine spanende Bearbeitung durchgeführt werden, wobei zumindest im Oberflächenbereich, der durch die offene Gussform freigegeben ist, eine solche Bearbeitung möglich ist. In der Regel kann mit der spanenden Bearbeitung ca. 15 min nach Einfüllen der Schmelze je nach Gusswerkstoff gegebenenfalls auch früher begonnen werden.

[0021] Dort kann ein gezielter Werkstoffabtrag, bei gleichzeitiger Ausbildung gewünschter Oberflächenkonturen, aber auch die Ausbildung von Bohrungen mit gegebenenfalls erforderlichen Innengewinden erfolgen.

[0022] Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn dies in einer CNC gesteuerten Werkzeugmaschine durchgeführt wird. Dabei kann der jeweilige Datensatz für die Bauteilkonstruktion für die Steuerung der Werkzeugmaschine eingesetzt werden.

[0023] Die erfindungsgemäß einzusetzenden Werkzeugmaschinen sollten in der Lage sein, eine Bearbeitung in mindestens drei unterschiedlichen Achsen durchführen zu können, wobei die Möglichkeit zur spanenden Bearbeitung in vier oder auch fünf Achsen die Herstellungsflexibilität erhöht. Ebenfalls sollte die Möglichkeit bestehen, unterschiedliche Werkzeuge für eine spanende Bearbeitung an einer Werkzeugmaschine vorsehen zu können. Diese können beispielsweise über einen automatisiert betriebenen Werkzeugwechsler einem Antrieb einer Werkzeugmaschine zugeführt, von diesem wieder entnommen und so der erforderliche Austausch von unterschiedlichen Werkzeugen realisiert werden.

[0024] Bei der erfindungsgemäßen Lösung besteht aber auch die Möglichkeit eine spanende Bearbeitung unmittelbar an der eingesetzten Gussform mittels der Werkzeugmaschine durchzuführen, bevor ein Gussteil in der Gussform abgegossen wird.

[0025] Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn eine Gussform eingesetzt wird, die aus übereinander angeordneten plattenförmigen Elementen gebildet ist. Solche plattenförmigen Elemente können bevorzugt durch Laser- oder Wasserstrahlschneiden erhaltene Durchbrechungen aufweisen, wobei mittels der Durchbrechungen die Innenkontur der Gussform in Form einer entsprechend gestalteten Kavität ausgebildet werden kann. Dabei können die einzelnen Durchbrechungen in verschiedenen Ebenen unterschiedlich dimensioniert und geformt sein, so dass

mittels der übereinander gestapelten und form- und/oder stoffschlüssig miteinander verbundenen plattenförmigen Elemente eine entsprechende Gussform gebildet ist.

[0026] Eine entsprechende Herstellungsmöglichkeit und die Ausbildung solcher aus plattenförmigen Elementen gebildeten Gussformen oder anderen Bauteilen ist beispielsweise in DE 102 10 420 A1 er auch DE 102 11 511 A1 n beschrieben.

[0027] Die so gebildete Kavität kann dann an ihrer Oberfläche spanend bearbeitet werden, um für das Gießen geeignete Übergänge oder Verrundungsradien aber auch Ausformschrägen an einer solchen aber auch einer herkömmlichen Gussform ausbilden zu können.

[0028] Für den Fall, dass die mittels der Erfindung herzustellenden Bauteile zumindest im Bereich der Gussform, die einer spanenden Bearbeitung nicht ohne weiteres zugänglich sind, können in eine solche Gussform entsprechend dimensionierte und konturierte Einlegeteile eingesetzt werden, mit deren Hilfe dann solche Hinterschneidungen am Bauteil bereits beim Gießen ausgebildet werden können.

[0029] Es besteht aber die Möglichkeit, solche Hinterschneidungen an entsprechend gestalteten Bauteilen mit Hilfe von Gussformen aus Silikon oder solchen die zumindest bereichsweise aus Silikon gebildet sind, herzustellen.

[0030] Mit der erfindungsgemäßen Lösung können die Herstellungskosten für relativ komplex gestaltete dreidimensionale Bauteile reduziert werden, wobei dies zumindest durch entsprechend reduzierte Kosten für die Gussformen erreicht werden kann, da insbesondere keine zweigeteilten Formwerkzeuge erforderlich sind.

[0031] Ein weiterer beachtlicher Vorteil besteht in der erhöhten Fertigungsgenauigkeit, da die spanende Bearbeitung unmittelbar in der Gussform erfolgt und demzufolge kein Umspannen oder ein erneutes Aufspannen erforderlich ist.

[0032] Auch wegen der zumindest an einer Seite offenen Gussform wirken sich die durch Schrumpfung oder Dehnung auftretende Volumenveränderung des Bauteilwerkstoffes nach dem Aushärten geringfügiger aus, als dies bei zweigeteilten Formwerkzeugen der Fall ist. Dies ist insbesondere bei der Verwendung von Gussformen aus Silikon oder auch gegenüber Vakuumgießverfahren vorteilhaft. Außerdem kann so die Lunkerbildung verhindert werden.

[0033] Mit den nach oben offenen Gussformen kann auf die aufwendige Ausbildung von Angüßen und Steigern verzichtet werden. Beim Gießen treten keine ungünstigen Verwirbelungen auf und es kann ein homogener von Lufteinschlüssen freier Gusskörper zur Verfügung gestellt werden.

[0034] Bei der erfindungsgemäßen Lösung können mittels geeigneter Werkzeuge für die spanende Bearbeitung die unterschiedlichen auch komplexen Geometrien, Konturen oder Konstruktionselemente in einer Aufspannung hergestellt werden. So können Ge-

winde hochpräzise hergestellt werden. Diese können sehr genau positioniert und ausgerichtet werden.

[0035] Bei den erfindungsgemäß hergestellten Bauteilen können sehr enge Toleranzen eingehalten werden.

[0036] Die entsprechend herzustellenden dreidimensionalen Bauteile können direkt gefertigt werden, ohne dass die vorab Erstellung eines Modells erforderlich ist. Es können sowohl ebene Flächen durch spanende Bearbeitung, wie auch gewölbte Konturen unter Verwendung von Kugelfräs- oder Torusfräs-werkzeugen ausgebildet werden.

[0037] Mit der Erfindung können modifizierte Bauteile, Modelle oder Prototypen kostengünstig, mit geringem Aufwand, flexibel in kurzer Zeit zur Verfügung gestellt werden. So kann z.B. mit mehreren modifizierten Modellen eine optimale Auswahl erfolgen.

[0038] Solche geometrischen Veränderungen oder auch veränderte Konturen können durch die spanende Bearbeitung oder auch durch Auftragschweißen erreicht werden. Das Auftragschweißen kann ebenfalls unmittelbar in der Werkzeugmaschine durchgeführt werden. Dabei können Bereiche der Gussform entsprechend geometrisch verändert oder bevorzugt auch mit einer nachfolgenden spanenden Bearbeitung Verschleiß ausgeglichen werden.

[0039] Dabei besteht auch die Möglichkeit, Teile mit einer Gussform durch Schweißen stoffschlüssig zu verbinden. So können durch entsprechende Teile eine größere Beeinflussung von Bauteilkonturen erreicht werden. Es besteht auch die Möglichkeit hohle Teile, z.B. Rohre mit der Gussform zu verbinden oder darin einzusetzen, um beispielsweise Kühlkanäle auszubilden.

#### Ausführungsbeispiel

[0040] Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

[0041] Dabei zeigen:

[0042] **Fig. 1** in einer perspektivischen Darstellung ein Beispiel einer Gussform;

[0043] **Fig. 2** die Gussform nach **Fig. 1** mit darin enthaltenem Gussteil;

[0044] **Fig. 3** ein in der Gussform spanend bearbeitetes Bauteil;

[0045] **Fig. 4** das entformte Bauteil nach **Fig. 3** und

[0046] **Fig. 5** zwei perspektivische Ansichten eines erfindungsgemäß hergestellten Bauteils und der entsprechenden Gussform.

[0047] In **Fig. 1** ist eine Gussform **2**, die durch Fräsen spanend vorab bearbeitet worden ist, perspektivisch dargestellt.

[0048] Diese Gussform **2** kann in der hier nicht dargestellten Werkzeugmaschine für die spanende Bearbeitung eines herzustellenden dreidimensionalen Bauteils bearbeitet worden sein.

[0049] Dabei sollte die Einspannung auch bei einem nachfolgenden Gießschritt, bei dem die Kavität der Gussform **2** mit einer flüssigen Schmelze eines ge-

eigneten Werkstoffes befüllt werden soll, benutzt und beibehalten werden.

[0050] Eine ein Gussteil **1**, nach dem Aushärten der Schmelze enthaltende Gussform **2** ist ebenfalls perspektivisch in **Fig. 2** gezeigt.

[0051] **Fig. 3** zeigt das Ergebnis der spanenden Bearbeitung des Gussteils **1** innerhalb der Gussform **2** nach erfolgter spanender Bearbeitung, bei der unterschiedlichste Konturformen ausgebildet worden sind.

[0052] Es sind auch durch spanende Bearbeitung hergestellte Bohrungen mit Innengewinden **3** im Bauteil ausgebildet worden. Das erfindungsgemäß hergestellte Bauteil ist nach dem Entformen in **Fig. 4** gezeigt.

[0053] In **Fig. 5** sind zwei perspektivische Darstellungen eines weiteren erfindungsgemäß hergestellten dreidimensionalen Bauteils **1**, mit der entsprechenden Gussform **2** verdeutlicht worden.

[0054] Dabei ist insbesondere der oberen Darstellung von **Fig. 5**, die erfindungsgemäß herstellbare filigrane Konturierung eines solchen Bauteils zu entnehmen.

#### Patentansprüche

1. Werkzeugmaschine zur Herstellung von dreidimensionalen Bauteilen durch spanende Bearbeitung in einer Aufspannung, bei der unmittelbar in der Werkzeugmaschine eine in Richtung auf mindestens ein Spanwerkzeug offene Gussform (**2**), in der ein zu einem dreidimensionalen Bauteil zu bearbeitendes Gussteil (**1**) als Halbzeug enthalten ist, in einer Einspannung gehalten, angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gussform (**2**) aus übereinander angeordneten plattenförmigen, eine Innenkontur bildenden Durchbrechungen aufweisenden Elementen, gebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Werkzeugmaschine eine spanende Bearbeitung in mindestens drei Achsen und mit verschiedenen Werkzeugen durchführbar ist.

4. Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Bauteilen in einer Werkzeugmaschine, in der unmittelbar in der Werkzeugmaschine eine in Richtung auf mindestens ein Werkzeug offene Gussform (**2**) angeordnet und eingespannt ist, wobei zunächst in der offenen Gussform (**2**) ein zu einem dreidimensionalen Bauteil zu bearbeitendes Gussteil (**1**) aushärtet, danach das Gussteil (**1**) zu einem dreidimensionalen Bauteil spanend in der Gussform (**2**) fertig bearbeitet wird und abschließend das fertig bearbeitete Bauteil entformt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkstoff als Schmelze in die un-

mittelbar in der Werkzeugmaschine angeordnete und gespannte Gussform (2) eingefüllt und die spanende Bearbeitung nach dem Aushärten des Werkstoffes durchgeführt wird.

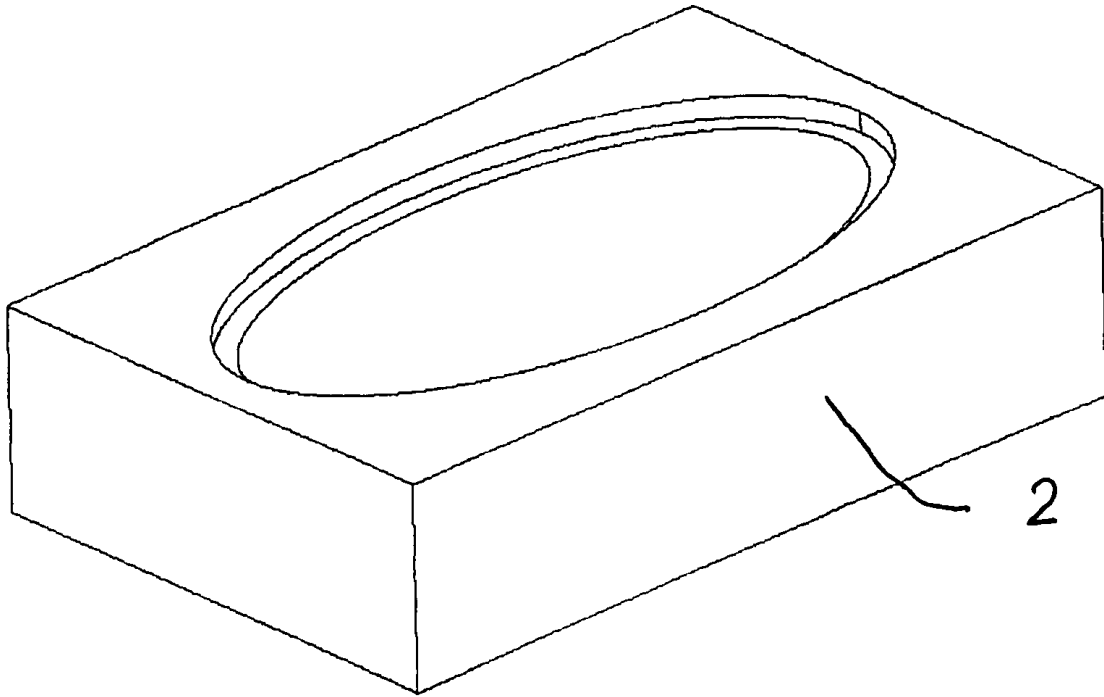
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenkontur der Gussform (2) vor dem Befüllen mit schmelzflüssigem Werkstoff spanend bearbeitet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass für die Herstellung von Bauteilen (1), die im Bereich der Gussform (2) Hinterschneidungen aufweisen, dort Einlegeteile in die Gussform (2) eingesetzt werden.

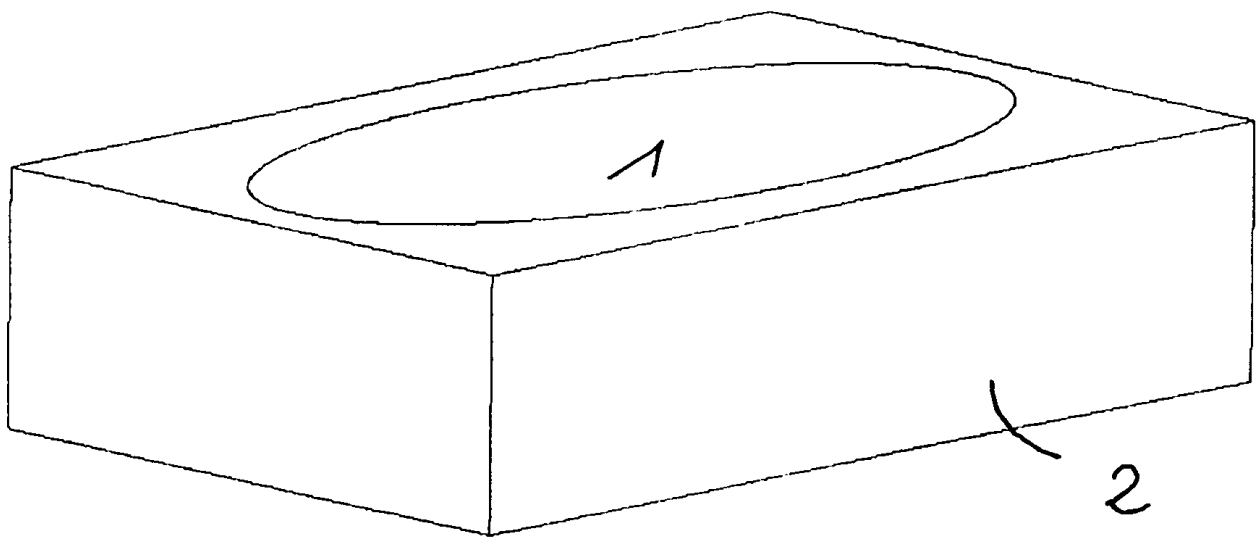
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass für die Herstellung von Bauteilen (1) Gussformen (2) aus Silikon verwendet werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

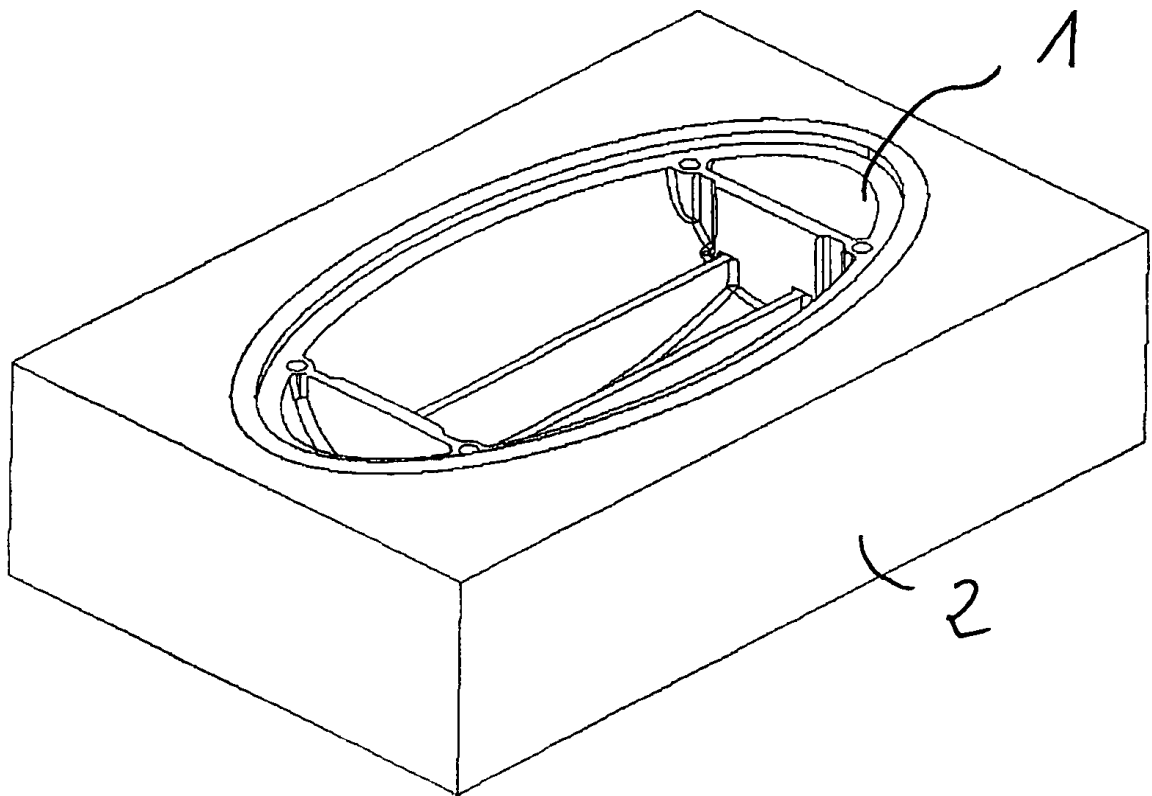
Anhängende Zeichnungen



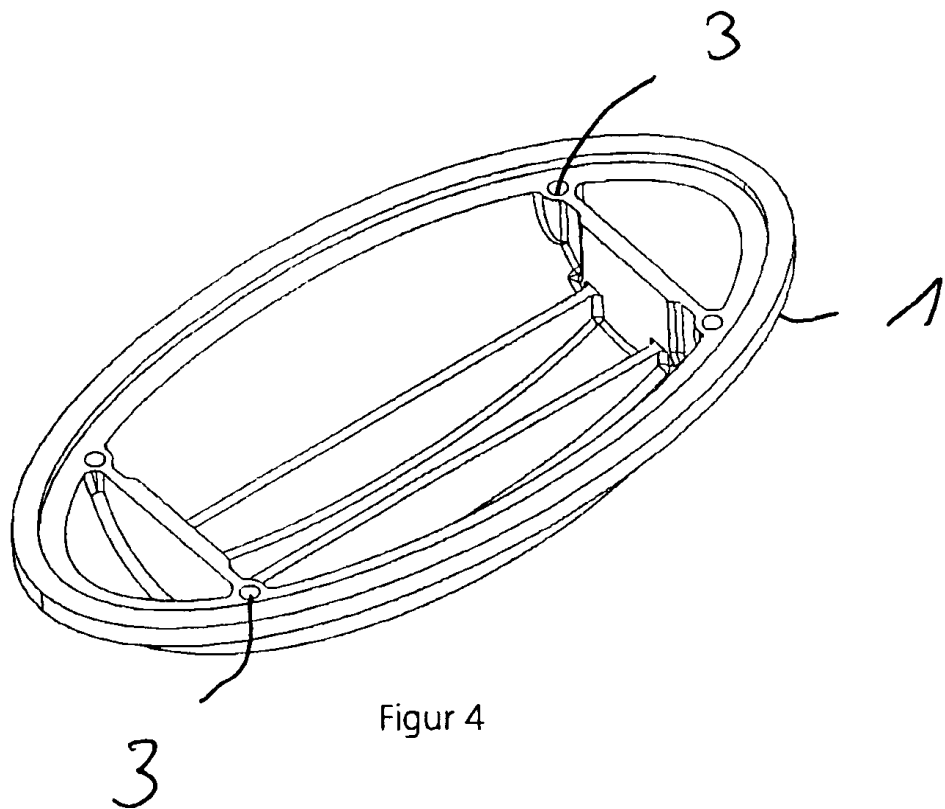
Figur 1



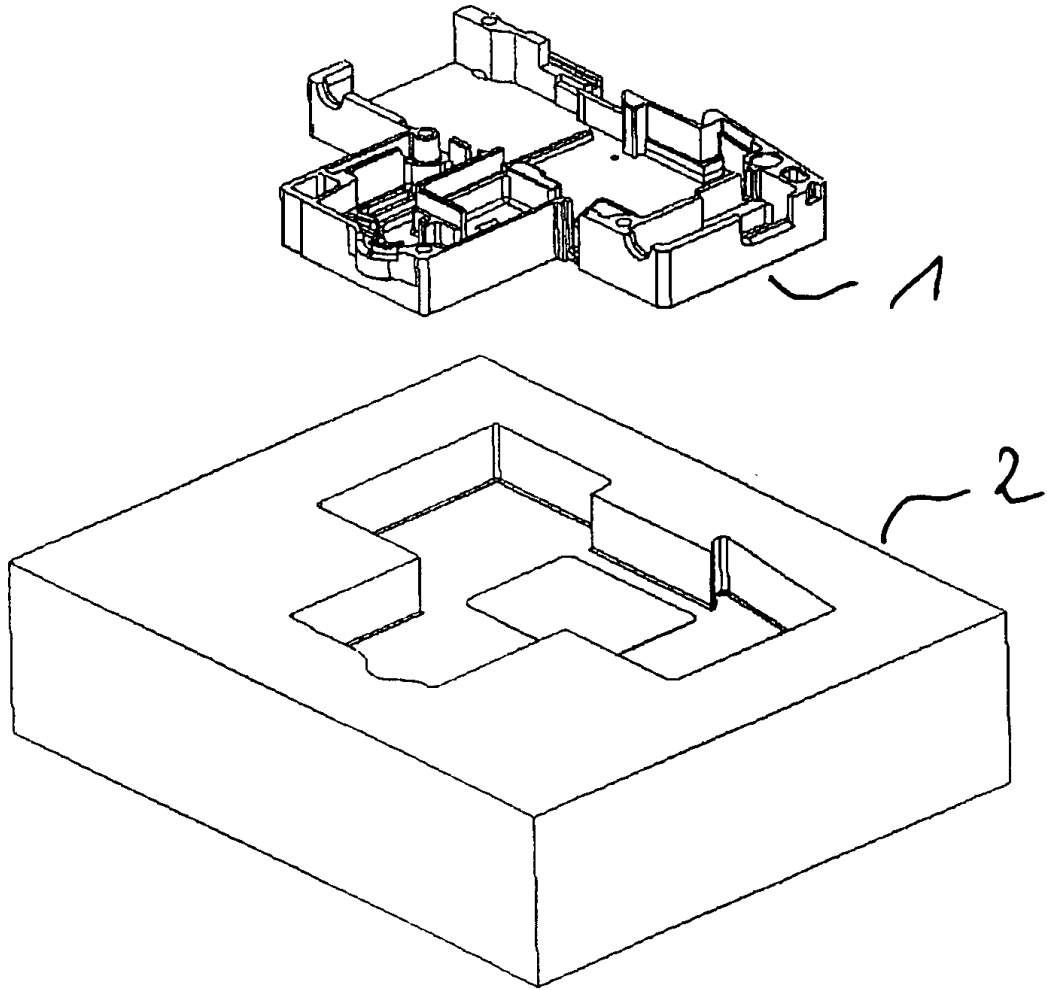
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5