



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 48 967 B4 2008.06.12**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 48 967.6**
 (22) Anmeldetag: **04.10.2001**
 (43) Offenlegungstag: **18.04.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **12.06.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B22F 3/105 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2000-306546 05.10.2000 JP

(73) Patentinhaber:
Matsushita Electric Works, Ltd., Kadoma, Osaka, JP

(74) Vertreter:
Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col., 50667 Köln

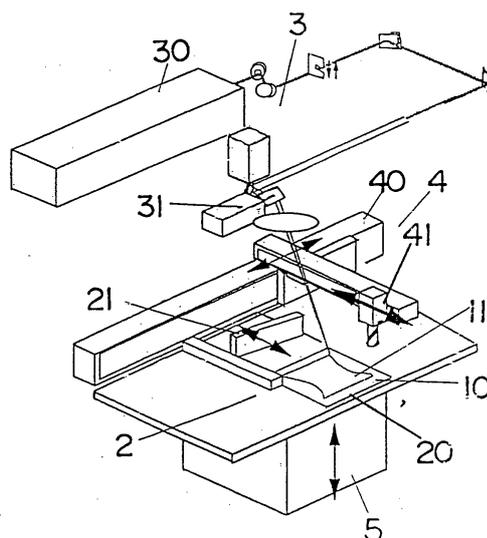
(72) Erfinder:
Abe, Satoshi, Kadoma-shi, Osaka, JP; Yoshida, Norio, Kadoma-shi, Osaka, JP; Higashi, Yoshikazu, Kadoma-shi, Osaka, JP; Togeyama, Hirohiko, Kadoma-shi, Osaka, JP; Fuwa, Isao, Kadoma-shi, Osaka, JP; Uenaga, Shushi, Kadoma-shi, Osaka, JP; Machida, Seizo, Kadoma-shi, Osaka, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 198 53 978 C1
DE 195 14 740 C1
DE 199 05 067 A1
DE 195 33 960 A1
JP 2000/ 73 108 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes, mit den folgenden Schritten:

(a) Bestrahlen eines vorbestimmten Teils einer Pulverschicht (10) mit einem Lichtstrahl (L) zum Bilden einer gesinterten Schicht (11);
 (b) Beschichten der gesinterten Schicht (11) mit einer neuen Pulverschicht (10);
 (c) Bestrahlen eines vorbestimmten Teils der neuen Pulverschicht (10) mit dem Lichtstrahl (L) zum Bilden einer weiteren gesinterten Schicht (11), die mit der darunterliegenden gesinterten Schicht (11) verbunden wird;
 (d) Wiederholen der Schritte (b) und (c) zum Bilden mehrerer miteinander verbundener gesintertter Schichten (11), deren Abmessungen größer sind als die Abmessung der Ziel-Form (M) des dreidimensionalen Gegenstandes; und
 (e) Das Entfernen eines Oberflächenbereiches eines bis dahin während des Schrittes (d) gebildeten geformten Gegenstandes, dadurch gekennzeichnet, dass zum Freilegen der gesinterten Schichten (11) ein Oberflächenbereich mit einer Dicke entfernt wird, die größer ist als eine Dicke einer durch Anhaften von Pulvermaterial an den gesinterten Schichten...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes, bei dem bzw. der ein Ziel-Gegenstand durch Sintern und Härten pulverförmigen Materials mittels eines Lichtstrahls erhalten wird.

[0002] Das Japanische Patent JP 2620353 beschreibt ein zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes vorgesehenes Verfahren, das als Photo-Formung bekannt ist. Gemäß dieser Schrift wird, wie dort in [Fig. 21A](#) gezeigt, zunächst ein Lichtstrahl L auf einen vorbestimmten Teil einer als organisches oder anorganisches Material vorliegenden Schicht pulverförmigen Materials ausgegeben, um eine gesinterte Schicht **11** zu bilden. Die in dieser Weise erhaltene gesinterte Schicht **11** wird dann mit einer neuen Schicht pulverförmigen Materials bedeckt, und der Lichtstrahl L wird auf einen vorbestimmten Teil der neuen Schicht ausgegeben, um eine neue gesinterte Schicht **11** zu bilden, die mit der darunterliegenden Schicht **11** verbunden wird. Diese Vorgänge werden wiederholt ausgeführt, um einen gesinterten Artikel oder dreidimensionalen Gegenstand zu bilden, bei dem mehrere gesinterte Schichten **11** fest aufeinander laminiert sind. Gemäß diesem Verfahren wird das Ausgeben des Lichtstrahls L auf der Basis für jede der Schichten vorgesehener Schnittformdaten durchgeführt, die erzeugt werden, indem ein Modell von Design-Daten (CAD-Daten) des dreidimensionalen Gegenstandes in einer gewünschten Dicke scheibenweise zerteilt wird. Aus diesem Grund kann dieses Verfahren ohne eine CAM-Vorrichtung verwendet werden, um einen dreidimensionalen Gegenstand beliebiger Form herzustellen und um einen beliebigen geformten Gegenstand mit gewünschter Form im Vergleich mit einem Verfahren, bei dem ein Schneidvorgang vorgesehen ist, relativ schnell herzustellen.

[0003] Dieses Verfahren wird jedoch dadurch beeinträchtigt, dass aufgrund von Wärme, die von den gesinterten und gehärteten Teilen übertragen wird, überschüssiges Pulver **15** an diesen Teilen anhaftet, so dass an dem geformten Gegenstand eine Oberflächenschicht **16** niedriger Dichte ausgebildet wird.

[0004] DE 198 53 978 C1 beschreibt ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Formkörpers, bei dem Pulverschichten selektiv durch Laserbestrahlung aufgeschmolzen werden, um den Formkörper schichtweise herzustellen.

[0005] Nach der Herstellung einer Schicht wird vor dem Auftragen einer neuen Schicht des Werkstoffpulvers zunächst eine Schleifwalze **22** über die soeben hergestellte Schicht geführt, um die dort unerwünschten Unebenheiten der vorangehenden Bearbeitung zu glätten.

[0006] DE 199 05 067 A1 betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung eines Formkörpers durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem, insbesondere metallischem Werkstoff. Auch hier ist eine Nivellier- und Glättungseinrichtung vorgesehen, die aus einer Schleifvorrichtung besteht, die die zuletzt bestrahlte Oberfläche der Schicht zumindest teilweise abschleift, um nach oben hin abstehende und haftende Unebenheiten zu glätten. Eine Bearbeitung der Außenkontur des zu formenden Gegenstandes ist nicht beschrieben.

[0007] Die DE 195 14 740 C1 beschreibt eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch Lasersintern, bei dem der herzustellende Gegenstand durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen, mittels Strahlung verfestigbaren Pulvermaterials, an den dem jeweiligen Querschnitt des Objektes entsprechenden Stellen hergestellt wird.

[0008] Die Japanische Offenlegungsschrift JP 2000-73108 beschreibt das Entfernen abgestufter äußerer Teile gemäß [Fig. 21B](#), die aus der Laminierung der gesinterten Schichten **11** resultieren. Auch wenn gemäß [Fig. 21C](#) die abgestuften äußeren Bereiche entfernt worden sind, verbleibt jedoch die Oberflächenschicht **16** niedriger Dichte, so dass keine glatte Außenfläche erzeugt werden kann.

[0009] Zudem wird, falls die gesinterten Schichten nicht während des Sinterns mit einer hinreichenden Dichte (z.B. einer Porosität von weniger als 5%) versehen werden, durch das Entfernen der abgestuften äußeren Teile keine glatte Außenfläche erzielt, da auch nach dem Entfernungsvorgang Poren an der Oberfläche der gesinterten Schichten erscheinen.

[0010] Wenn nach dem Formen der geformte Gegenstand einer Oberflächen-Endbehandlung zwecks Entfernens der Oberflächenschicht niedriger Dichte unterzogen wird, unterliegen die zur Oberflächen-Endbehandlung verwendeten Werkzeuge je nach der Gestalt des geformten Gegenstandes verschiedenen Beschränkungen. Beispielsweise ist es gelegentlich unmöglich, relativ tiefe und schmale Nuten zu schneiden, da die im Durchmesser kleinen Werkzeuge hinsichtlich ihrer Länge beschränkt sind. In diesem Fall ist zusätzliche Elektroentladungsmaschinierung erforderlich, was Zeit- und Kostenprobleme verursacht.

[0011] Ferner ist, da der gesamte dreidimensionale Gegenstand durch das Pulver-Sinter-Verfahren hergestellt wird oder jede Pulverschicht durch Bestrahlen einer Schicht mit einem Laserstrahl gesintert wird, dieses Verfahren je nach der Form des herzustellenden dreidimensionalen Gegenstandes sehr zeitaufwendig.

[0012] Die Erfindung soll die oben aufgeführten Nachteile beseitigen.

[0013] Somit ist es Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zu konzipieren, mittels derer ein dreidimensionaler Gegenstand in einer kurzen Zeit hergestellt werden kann.

[0014] Als weitere Aufgabe der Erfindung sollen dieses Verfahren und diese Vorrichtung dazu geeignet sein, die Oberfläche des Gegenstandes unabhängig von deren Form in kostengünstiger Weise einer glättenden Endbehandlung zu unterziehen.

[0015] Zur Lösung dieser und weiterer Aufgaben wird mit der Erfindung ein Verfahren gemäß Anspruch 1 sowie eine Vorrichtung gemäß Anspruch 14 vorgeschlagen.

[0016] Da bei diesem Verfahren der Schritt (e) während des Schritts (d) ausgeführt wird, wird es möglich, die Oberfläche des Gegenstandes ohne Beschränkungen aufgrund der Bemessung der Endbehandlungsmaschine, z.B. der Länge eines Bohrstücks oder dgl., einer Endbehandlung zu unterziehen.

[0017] Dadurch, dass die Dicke des entfernten Oberflächenbereichs der Kontur des Gegenstandes größer ist als die durch Anhaften von Pulvermaterial gebildeten Schichten kann die Gegenstands-Oberfläche durch die Endbehandlung sehr glatt ausgebildet werden.

[0018] Dadurch, dass die gesinterten Schichten durch das Entfernen des Oberflächenbereichs freigelegt werden, erhält die exponierte Oberfläche eine hohe Dichte und ist somit glatt.

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren kann ferner vorsehen, dass folgende Schritte vor dem Schritt (a) ausgeführt werden:

- (a1) Anordnen einer Basis, die eine untere Struktur des dreidimensionalen Gegenstandes bildet, auf einem Sinter-Tisch;
- (a2) maschinelles Bearbeiten der Basis; und
- (a3) Ausrichten der Basis mit einer Auftreffposition des Lichtstrahls.

[0020] Dabei wird durch die Verwendung der Basis ermöglicht, dass die Ausbildung und das Sintern einer bestimmten Anzahl von Pulverschichten, die der Dicke der Basis entsprechen, entfallen kann und somit der Zeitaufwand zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes, der bisher durch eine Anzahl von Sintervorgängen hergestellt wurde, reduziert werden kann. Durch das Vorhandensein der Basis besteht ferner die Möglichkeit, einen dreidimensionalen Gegenstand herzustellen, der enge Nuten mit

einem hohen Seitenverhältnis aufweist.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren kann ferner die folgenden Schritte vor dem Schritt a1 enthalten:

Vergleichen der zum maschinellen Bearbeiten der Basis erforderlichen Zeit mit der Zeit, die zum Bilden mehrerer gesinteter Schichten mit der gleichen Form wie derjenigen der Basis erforderlich ist; und Herstellen der Basis, falls die zum maschinellen Bearbeiten der Basis erforderliche Zeit kürzer ist als die zum Bilden der mehreren gesinterten Schichten erforderliche Zeit.

[0022] Dabei kann, falls die Basis eine Vertiefung, in der einige der gesinterten Schichten ausgebildet werden, oder eine gleichförmige Oberfläche aufweist, auf der die unterste gesinterte Schicht ausgebildet wird, die Verbondungsstärke zwischen der Basis und den gesinterten Schichten erhöht werden.

[0023] Wenn das Entfernen des Oberflächenbereiches durch Schneiden erfolgt, wird vorzugsweise vor dem Schritt (e) ein Lichtstrahl auf einen zu entfernenden Teil ausgegeben, um diesen Teil weichzumachen. Durch das Ausgeben des Lichtstrahls wird es möglich, den Zeitaufwand für das Schneiden zu verkürzen, so dass sich die Betriebslebensdauer des Schneidwerkzeugs verlängert.

[0024] Dadurch, dass um die gesinterten Schichten herum befindliches ungesintertes Pulver oder durch das Entfernen des Oberflächenbereiches erzeugte Späne während des Schritts (e) entfernt werden, wird eine nach diesem Schritt ausgebildete neue Pulverschicht nicht durch Schleifspäne beeinträchtigt.

[0025] Durch diesen Verfahrensschritt kann, da sich keine Schleifspäne mit dem ungesinterten Pulver vermischen, das ungesinterte Pulver neu verwendet werden.

[0026] Durch die Verwendung von Harz oder Wachs kann die Menge an Pulver reduziert werden, wenn anschließend eine neue Pulverschicht gebildet wird.

[0027] Dadurch, dass vor dem Schritt (e) das ungesinterte Pulver verfestigt wird, entfällt die Notwendigkeit eines Nachfüllens pulverförmigen Materials, und es wird ermöglicht, ohne Schwierigkeiten nur die Schleifspäne zu entfernen.

[0028] Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes nach Anspruch 14.

[0029] Die Ausgestaltung der Vorrichtung trägt zu einer Verbesserung der Qualität der Oberfläche des Gegenstandes bei.

- [0030] Durch die vorgesehene Ausgestaltung der Abführeinheit wird verhindert, dass die neue Pulverschicht durch die Schleifspäne beeinträchtigt wird.
- [0031] Diese und weitere Merkmale der Erfindung werden anhand der folgenden detaillierten Beschreibung der Zeichnungen deutlicher ersichtlich.
- [0032] Es zeigen:
- [0033] [Fig. 1](#) eine schematische perspektivische Darstellung einer Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes gemäß einer ersten Ausführungsform;
- [0034] [Fig. 2](#) eine schematische Seitenansicht des erzeugten dreidimensionalen Gegenstandes;
- [0035] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung des Datenstroms zur Veranschaulichung der Weise der Herstellung des dreidimensionalen Gegenstandes;
- [0036] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung eines Modells mit einem hochdichten Oberflächenbereich;
- [0037] [Fig. 5A](#) eine vertikale Schnittansicht mehrerer gesinteter Schichten;
- [0038] [Fig. 5B](#) eine vertikale Schnittansicht mehrerer gesinteter Schichten nach dem Entfernen eines Oberflächenbereiches dieser Schichten;
- [0039] [Fig. 6A](#) eine schematische vertikale Schnittansicht eines geformten Gegenstandes mit gleichförmiger überschüssiger Dicke;
- [0040] [Fig. 6B](#) eine [Fig. 6A](#) ähnliche Ansicht eines weiteren geformten Gegenstandes mit variierender überschüssiger Dicke;
- [0041] [Fig. 7](#) eine [Fig. 6A](#) ähnliche Ansicht der vertikalen Schnittaufteilung im Falle eines Ziel-Gegenstandes mit einer leichten Neigung;
- [0042] [Fig. 8](#) eine perspektivische Ansicht eines geformten Gegenstandes in einer Situation, in der ein unmittelbar vor einem Schneidwerkzeug angeordneter Bereich des Gegenstandes mit einem Lichtstrahl bestrahlt wird;
- [0043] [Fig. 9](#) eine [Fig. 8](#) ähnliche Ansicht in einer Situation, in der der Lichtstrahl auf einen Bereich ausgegeben wird, unmittelbar nachdem das Schneidwerkzeug diesen Bereich durchlaufen hat;
- [0044] [Fig. 10](#) eine schematische perspektivische Ansicht einer Modifikation der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#);
- [0045] [Fig. 11](#) eine schematische perspektivische Ansicht einer weiteren Modifikation der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#);
- [0046] [Fig. 12A](#) eine schematische Seitenansicht einer über dem geformten Gegenstand angeordneten Saugdüse;
- [0047] [Fig. 12B](#) eine schematische Seitenansicht einer über dem geformten Gegenstand angeordneten weiteren Saugdüse;
- [0048] [Fig. 13A](#) eine schematische Ansicht einer Saugdüse, die mit einem Pulvertank in Verbindung steht;
- [0049] [Fig. 13B](#) eine [Fig. 13A](#) ähnliche Ansicht in dem Fall, in dem die Saugdüse mit einem Späne-Tank in Verbindung steht;
- [0050] [Fig. 14A](#) eine schematische vertikale Schnittansicht des geformten Gegenstandes in dem Zustand, in dem ein Raum, aus dem ungesintertes Pulver entfernt worden ist, mit Harz oder Wachs gefüllt wird;
- [0051] [Fig. 14B](#) eine [Fig. 14A](#) ähnliche Ansicht in der Situation, in der eine neue Pulverschicht auf dem geformten Gegenstand gemäß [Fig. 14A](#) ausgebildet wird;
- [0052] [Fig. 14C](#) eine [Fig. 14A](#) ähnliche Ansicht, in der jedoch der Fall gezeigt ist, in dem ungesintertes Pulver gefriergehärtet wird;
- [0053] [Fig. 15](#) eine schematische Seitenansicht der Saugdüse bei Befestigung an einer Antriebseinheit zum Antreiben eines Ausstreichmessers;
- [0054] [Fig. 16A](#) eine perspektivische Ansicht der Saugdüse bei Befestigung an einer XY-Antriebseinheit zwecks ausschließlicher Verwendung der Saugdüse;
- [0055] [Fig. 16B](#) eine [Fig. 16A](#) ähnliche Ansicht der Saugdüse bei Befestigung an einer XY-Antriebseinheit einer Oberflächenabtrageinheit;
- [0056] [Fig. 17](#) eine schematische perspektivische Darstellung einer Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes gemäß einer zweiten Ausführungsform;
- [0057] [Fig. 18A](#) bis [Fig. 18D](#) schematische Seitenansichten zur Darstellung der Weise, in der mehrere gesinterte Schichten auf einer Basis ausgebildet werden;
- [0058] [Fig. 19](#) eine Draufsicht auf die Basis in der Situation, in der die Position, die mit dem Lichtstrahl bestrahlt werden soll, mit der Position ausgerichtet

wird, die tatsächlich mit dem Lichtstrahl bestrahlt wird;

[0059] [Fig. 20](#) eine schematische Seitenansicht eines Beispiels des dreidimensionalen Gegenstandes;

[0060] [Fig. 21A](#) eine vertikale Schnittansicht mehrerer gesinterter Schichten in dem Zustand, in dem überschüssiges Pulver an diesen anhaftet;

[0061] [Fig. 21B](#) eine vertikale Schnittansicht mehrerer gesinterter Schichten mit abgestuften Außenbereichen; und

[0062] [Fig. 21C](#) eine vertikale Schnittansicht der mehreren gesinterter Schichten nach dem Entfernen der abgestuften Außenbereiche.

[0063] Diese Anmeldung basiert auf den Japanischen Anmeldungen Nr. 2000-306546 und 2001-192121, deren Inhalt hiermit durch Verweis in die vorliegende Anmeldung einbezogen wird.

[0064] [Fig. 1](#) zeigt eine gemäss einer ersten Ausführungsform ausgebildete Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes. Die Vorrichtung weist eine Pulverschicht-Bildungseinheit **2** zum Bilden einer Pulverschicht **10**, eine (im folgenden als Sinterschicht-Bildungseinheit bezeichneten) Einheit **3** zum Bilden einer gesinterter Schicht **11** und eine Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** zum Entfernen einer Oberflächenschicht niedriger Dichte auf. Die Pulverschicht-Bildungseinheit **2** bildet die Pulverschicht **10** gewünschter Dicke Δt_1 durch Zuführen organischen oder anorganischen pulverförmigen Materials auf einen Sinter-Tisch **20**, der sich vertikal innerhalb eines von einem Zylinder umgebenen Raums bewegt, und durch Ebnet bzw. Ausstreichen des pulverförmigen Materials mittels eines Ausstreich- oder Ebnungsmessers **21**. Der Sinter-Tisch **20** wird mittels einer Antriebseinheit zur Auf- und Abbewegung angetrieben. Die Sinterschicht-Bildungseinheit **3** bildet die gesinterter Schicht **11**, indem sie die Pulverschicht **10** über ein optisches Abtastsystem, das einen Deflektor und dgl. aufweist, mit einem aus einem Laserstrahlgenerator **30** ausgegebenen Laserlichtstrahl bestrahlt. Die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** weist eine XY-Antriebseinheit **40**, die an einer Basis der Einheit **4** befestigt ist, und eine Endbearbeitungsmaschine **41** auf, die an der XY-Antriebseinheit **40** befestigt ist. Vorzugsweise wird die XY-Antriebseinheit **40** von einem Linearmotor mit hoher Geschwindigkeit angetrieben. Als Deflektor **31** wird vorzugsweise ein Galvanometer-Spiegel verwendet. Bei der Endbearbeitungsmaschine **41** handelt es sich vorzugsweise um eine Schneidmaschine wie z. B. eine End-Fräsmaschine oder eine Bohrmaschine, wie z. B. eine End-Fräsmaschine oder eine Bohrmaschine, eine Laserstrahlapparat oder eine Strahlbeaufschlagungsapparat

zum Ausführen einer plastischen Bearbeitung eines Gegenstandes durch Blasen gesinterter Pulvers gegen den Gegenstand. Anstelle der XY-Antriebseinheit kann eine Polarkoordinaten-Antriebseinheit verwendet werden.

[0065] In [Fig. 2](#) ist dargestellt, wie unter Verwendung der oben beschriebenen Vorrichtung der dreidimensionalen Gegenstand hergestellt wird. Gemäss [Fig. 2](#) wird zuerst das organische oder anorganische Pulver auf einer Basis **22** platziert, die an dem Sinter-Tisch **20** befestigt ist, welcher als Abstandsregulator zum Regeln des Abstandes zwischen der Sinterschicht-Bildungseinheit **3** und einer gesinterter Schicht verwendet wird. Das auf die Basis **22** eingebrachte pulverförmige Material wird dann mittels des Ausstreichmessers **21** geebnet, um eine erste Pulverschicht **10** zu bilden, und ein Lichtstrahl (Laserstrahl) **L** wird auf einen gewünschten Teil der Pulverschicht **10** ausgegeben, um ihn zu sintern und dadurch eine mit der Basis **22** verbundene gesinterter Schicht **11** zu bilden.

[0066] Anschließend wird der Sinter-Tisch um eine vorbestimmte Strecke abgesenkt, und es wird eine zweite Pulverschicht **10** gebildet, indem erneut pulverförmiges Material zugeführt wird und mit dem Ausstreichmesser **21** geebnet wird. Wiederum wird der Lichtstrahl **L** auf einen gewünschten Teil der zweiten Pulverschicht ausgegeben, um diesen zu sintern, so dass eine weitere gesinterter Schicht **11** gebildet wird, die mit der darunterliegenden gesinterter Schicht **11** verbunden ist.

[0067] Der Vorgang des Bildens einer neuen Pulverschicht **10** nach dem Absenken des Sinter-Tisches und der Vorgang des Ausgebens der Lichtstrahls **L** auf einen gewünschten Teil der neuen Pulverschicht **10** zur Bildung einer neuen gesinterter Schicht **11** werden wiederholt ausgeführt, um in dieser Weise den dreidimensionalen Gegenstand zu bilden. Generell werden als Pulvermaterial sphärische Eisenpulver-Partikel mit einem durchschnittlichen Durchmesser von ungefähr 20 μm verwendet, und als Lichtstrahl wird vorzugsweise ein CO₂-Laser verwendet. Die bevorzugte Dicke Δt_1 jeder Pulverschicht **10** beträgt ungefähr 0,05 mm.

[0068] [Fig. 3](#) zeigt schematisch ein Beispiel für den Datenfluss bei der Vorrichtung bzw. dem Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes. Mittels dieses Datenflusses können einem gewünschten dreidimensionalen CAD-Modell zwei Arten von Daten zugeordnet werden, und zwar Daten, die einen Laserbestrahlungsweg angeben, und Daten, die einen Schnitt-Weg angeben. Diese Wege werden auf der Basis dreidimensionaler CAD-Daten erstellt, die im voraus konzipiert werden, um die gewünschte Form anzugeben.

[0069] Der Weg der Laserbestrahlung ist im wesentlichen der gleiche wie derjenige bei dem herkömmlichen Formungsverfahren, bei dem die Ziel-Form durch Kontur-Daten für jeden Abschnitt bestimmt wird, der gebildet worden ist, indem auf der Basis des dreidimensionalen CAD-Modells erzeugte STL-Daten mit gleichen Teilungen (0,05 mm bei dieser Ausführungsform) scheibenweise zerlegt werden. Aus den Kontur-Daten werden durch Einbeziehung von Laserbestrahlungs-Bedingungen (der Abtastgeschwindigkeit, des Punkt-Durchmessers, der Energie und dgl.) neue Daten gebildet, die ihrerseits beim Endbearbeitungsvorgang verwendet werden.

[0070] Bei dem Schnitt-Weg handelt es sich um einen Weg, der unter Berücksichtigung des Durchmessers, des Typs, der Zuführrate, der Drehgeschwindigkeit etc. des bei dem dreidimensionalen CAM zu verwendenden Endbearbeitungs- Werkzeugs berechnet wird. Die diesen Weg angegebenden Daten werden ebenfalls in den Endbearbeitungsvorgang einbezogen.

[0071] Die den Laserbestrahlungsweg angegebenden Daten werden in einem Laser-Sintervorgang verwendet, während die den Schnitt-Weg angegebenden Daten in einem Hochgeschwindigkeits-Schneidvorgang verwendet werden. Diese beiden Vorgänge werden wiederholt ausgeführt, um den Ziel-Gegenstand fertigzustellen.

[0072] Vorzugsweise wird die Einwirkung des Lichtstrahls derart gesteuert, dass mindestens der Oberflächenbereich des dreidimensionalen Gegenstandes beim Sintern eine hohe Dichte erhält (z. B. eine Porosität von weniger als 5%). Dies ist notwendig, weil selbst nach dem Entfernen der Oberflächenschicht mittels der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** und selbst im Fall einer niedrigen Dichte des Oberflächenbereichs die nach dem Oberflächenentfernungsvorgang verbleibende Oberfläche immer noch porös ist. Deshalb werden gemäss [Fig. 4](#) die Modell-Daten in diejenigen für den Oberflächenbereich S und diejenigen für den inneren Bereich N unterteilt, und der Lichtstrahl wird unter den Bedingungen ausgegeben, unter denen der innere Bereich porös wird und der Oberflächenbereich S beim Schmelzen des Großteils des darin enthaltenen Pulvermaterials eine hohe Dichte erhält.

[0073] In [Fig. 5A](#) ist mit **12** ein Bereich hoher Dichte bezeichnet, und mit **16** ist eine Oberflächenschicht niedriger Dichte bezeichnet, die, wie oben erläutert, durch Anhaften des pulverförmigen Materials gebildet worden ist. Der innerhalb des Bereichs **12** hoher Dichte gelegene Innenbereich hat eine niedrigere Dichte als der Bereich **12** hoher Dichte, jedoch eine höhere Dichte als die Oberflächenschicht **16** niedriger Dichte.

[0074] Wenn während des Ausbildens mehrerer gesinterter Schichten **11** deren Gesamt-Dicke einen spezifischen Wert erreicht, der z. B. auf der Basis der Werkzeug-Länge eines Fräskopfs **41** bestimmt worden ist, wird die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** aktiviert, um die Oberfläche des dreidimensionalen Gegenstandes zu schneiden, der zu diesem Zeitpunkt geformt worden ist. Beispielsweise kann mit einem Werkzeug (Kugelpopf-Fräser) des Fräskopfs **41**, das einen Durchmesser von 1 mm und eine effektive Messer-Länge von 3 mm hat, ein Schneiden bis zu einer Tiefe von 3 mm erzielt werden. Somit wird, falls die Pulverschicht **10** eine Dicke Δt_1 von 0,05 mm hat, die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** aktiviert, wenn sechzig gesinterte Schichten **11** gebildet worden sind.

[0075] Gemäss [Fig. 5A](#) kann jede Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** die durch das Anhaften des Pulvers an der Oberfläche des geformten Gegenstandes gebildete Oberflächenschicht **16** niedriger Dichte entfernen und kann gleichzeitig einen Teil des Bereichs **12** hoher Dichte ausschneiden, so dass gemäss [Fig. 5B](#) der Bereich **12** hoher Dichte auf der gesamten Fläche des geformten Gegenstands freigelegt wird. Zu diesem Zweck wird die Form der gesinterten Schichten **11** mit einer Größe ausgebildet, die etwas über der Größe der gewünschten Form M liegt.

[0076] Wenn z.B. der optische Laserlichtstrahl L unter den nachstehend aufgeführten Bedingungen entlang einer gewünschten Konturlinie ausgegeben wird, wird die horizontale Bemessung (Breite) jeder gesinterten Schicht **11** ungefähr 0,03 mm größer als diejenige der gewünschten Form M.

Laser-Leistung: 200 W

Laserpunkt-Durchmesser: 0,6 mm

Tastgeschwindigkeit: 50 mm/s

[0077] Die überschüssige Dicke in der vertikalen Richtung kann derjenigen in der horizontalen Richtung gleich sein oder sich von ihr unterscheiden. Die vertikale Größe der Form der gesinterten Schichten **11** wird durch Modifizieren der Original-Daten erhalten, die die vertikale Größe der gewünschten Form M angeben.

[0078] [Fig. 6A](#) zeigt den Fall, in dem die überschüssige Dicke in der horizontalen Richtung im wesentlichen die gleiche ist wie diejenige in der vertikalen Richtung, während [Fig. 6B](#) den Fall zeigt, in dem sich die überschüssige Dicke in der horizontalen Richtung von derjenigen in der vertikalen Richtung unterscheidet. In [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) zeigt die unterbrochene Linie die Form der gesinterten Schichten **11** an, während die gewünschte Form M in einer durchgezogenen Linie gezeigt ist.

[0079] Wie bereits beschrieben wird der

Schnitt-Weg sowie der Laserbestrahlungs-Weg auf der Basis der dreidimensionalen CAD-Daten erstellt. Obwohl der Schnitt-Weg basierend auf dem sogenannten Konturlinien-Verarbeitungsvorgang bestimmt wird, braucht die vertikale Teilung des Schnitt-Wegs nicht immer die gleiche zu sein wie die Laminierungs-Teilung während des Sinterns. Falls der Ziel-Gegenstand gemäss [Fig. 7](#) eine leichte Schrägung aufweist, kann eine glatte Oberfläche hergestellt werden, indem der vertikale Weg reduziert wird.

[0080] Falls das Schneiden unter Verwendung einer Kugelpopf-Fräasers mit einem Durchmesser von 1 mm ausgeführt wird, werden vorzugsweise die Schneid-Tiefe, die Zufuhrrate und die Drehgeschwindigkeit des Werkzeugs auf 0,1–0,5 mm bzw. 5–50 m/min. bzw. 20.000–100.000 u/min. eingestellt.

[0081] Das Schneiden kann auf die in [Fig. 8](#) gezeigte Weise durchgeführt werden. Insbesondere wird der unmittelbar vor einem Werkzeug **44** befindliche Teil des Gegenstandes mittels eines Lichtstrahls (Laserstrahl) L kleiner Energiedichte bestrahlt und erwärmt, so dass der Gegenstand durch den Strahl erweicht werden kann. Indem der Gegenstand im erweichten Zustand mit dem Werkzeug **44** geschnitten wird, wird die erforderliche Schneidkraft reduziert, so dass Schnittzeit verkürzt und die Betriebslebensdauer des Werkzeugs **44** verlängert wird.

[0082] Ferner kann gemäss [Fig. 9](#) der Lichtstrahl L auf den Teil unmittelbar nach dem Durchlauf des Werkzeugs **44** gerichtet werden. Dadurch wird dieser Teil geschmolzen und gehärtet oder wärmebehandelt, so dass ihm eine höhere Dichte verliehen wird.

[0083] [Fig. 10](#) zeigt eine Modifikation der Vorrichtung gemäss [Fig. 1](#). Die Vorrichtung gemäss [Fig. 10](#) weist einen Bestrahlungskopf **35** auf, der an der XV-Antriebseinheit **40** der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** befestigt ist und dazu dient, einen über eine optische Faser **36** aus dem Laserstrahlgenerator **30** der Sinterschicht-Bildungseinheit **3** empfangenen Lichtstrahl auszugeben. Durch diese Ausgestaltung wird die Anzahl der Gerätekomponenten reduziert.

[0084] [Fig. 11](#) zeigt eine weitere Modifikation der Vorrichtung gemäss [Fig. 1](#). Die Vorrichtung gemäss [Fig. 11](#) weist eine in der Nähe der Endbearbeitungsmaschine **41** angeordnete Saugdüse **51** und eine mit der Saugdüse **51** verbundene Luftpumpe **50** auf. Die Saugdüse wirkt als Abführeinrichtung zum Abführen ungesinterten Pulvers oder Schleifabriebs gleichzeitig mit dem Schneiden. Die Saugdüse hat einen vorteilhaften Effekt, da nicht nur ungesintertes Pulver oder Schleifspäne die von der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** durchgeführte Abtragarbeit behindern, sondern zudem gelegentlich

Schleifspäne von dem Ausstreichmesser **21** erfasst werden und das Messer daran hindern, eine flache Pulverschicht zu bilden. Falls sich Schleifspäne zwischen dem Ausstreichmesser **21** und dem geformten Gegenstand festsetzen, wird das Ausstreichmesser **21** gelegentlich sogar zum Stillstand gebracht.

[0085] [Fig. 12A](#) zeigt den Fall, in dem die mit der Luftpumpe **50** verbundene Saugdüse **51** seitlich neben dem Fräskopf **41** angeordnet ist, während [Fig. 12B](#) den Fall zeigt, in dem der Fräskopf **41** konzentrisch innerhalb der Saugdüse **51** angeordnet ist. Somit ist in beiden Fällen die Saugdüse **51** in enger Nähe zu dem Fräskopf **41** gehalten.

[0086] Gemäss [Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#) kann die Saugdüse **51** derart ausgestaltet sein, dass sie wahlweise mit einem Pulver-Tank **52** oder einem Späne-Tank **53** verbunden werden kann. In diesem Fall wird vor dem Schneiden die Saugdüse **51** mit dem Pulver-Tank **52** verbunden, um ungesintertes Pulver in die Düse einzuführen, und gleichzeitig mit dem Schneiden wird die Saugdüse **51** mit dem Späne-Tank **52** verbunden, um die Schleifspäne in den Tank einzuführen. Auf diese Weise können sich keine Schleifspäne mit dem ungesinterten Pulver vermischen, so dass das ungesinterte Pulver neu verwendet werden kann.

[0087] Wenn ungesintertes Pulver mittels der Saugdüse **51** angezogen und entfernt wird, ist eine große Menge an Pulver zur Bildung einer neuen Pulverschicht **10** auf der gesinterten Schicht bzw. den Schichten **11** erforderlich, nachdem das ungesinterte Pulver entfernt worden ist. Dementsprechend wird es im Falle eines mehrmaligen Wiederholens des Vorgangs des Entfernen ungesinterten Pulvers erforderlich, vor jedem Sintern Pulver in den gesamten Raum einzufüllen, aus dem das ungesinterte Pulver entfernt worden ist, was einen hohen Zeitverlust verursacht.

[0088] Zur Lösung dieses Problems kann dieser Raum mit Harz oder Wachs gefüllt werden, das seinerseits gehärtet wird, um einen gehärteten Bereich zu bilden, wie [Fig. 14A](#) zeigt. In diesem Fall wird gemäss [Fig. 14B](#) die nächste Pulverschicht **10** auf der obersten gesinterten Schicht **11** und dem gehärteten Bereich **18** ausgebildet, so dass die erforderliche Menge von Pulver reduziert werden kann und ein Vermischen von Schleifspänen mit dem ungesinterten Pulver verhindert werden kann.

[0089] Alternativ kann das ungesinterte Pulver gefriergehärtet werden, z. B. indem gemäss [Fig. 14C](#) flüssiger Stickstoff aus einer Düse **54** in das Pulver geblasen wird. Bei Bedarf kann zusammen mit dem flüssigen Stickstoff ein Feuchtigkeit enthaltendes Gas verwendet werden.

[0090] Obwohl bei der oben beschriebenen Ausfüh-

rungsform in der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** ein Schneidwerkzeug verwendet wird, kann in dieser Einheit auch ein Hochleistungs-Laser verwendet werden. Beispielsweise kann ein Q-geschalteter YAG-Laser mit einer Peak-Ausgangsleistung von mehr als 10 kW die Oberflächenschicht **16** niedriger Dichte schnell entfernen, indem er die Schicht schnell verdunsten lässt. Ferner ist der zu entfernende Bereich nicht auf die Oberflächenschicht **16** niedriger Dichte beschränkt. Selbst falls je nach der Form des Ziel-Gegenstandes ein Teil erzeugt wird, der ursprünglich unnötig ist, kann dieser auch wieder entfernt werden.

[0091] Vorzugsweise ist gemäss [Fig. 15](#) die Saugdüse **51** an einer Antriebseinheit zum Antreiben des Ausstreichmessers **21** in der Pulverschicht-Bildungseinheit **2** befestigt. Mit dieser Anordnung entfällt die Notwendigkeit eines ausschließlich für die Saugdüse vorgesehenen Antriebsmechanismus, so dass die Struktur der Vorrichtung vereinfacht wird.

[0092] Alternativ kann gemäss [Fig. 16A](#) die Saugdüse **51** an einer ausschließlich für diese vorgesehenen XY-Antriebseinheit **55** befestigt sein, oder gemäss [Fig. 16B](#) kann die Düse an der XY-Antriebseinheit **40** der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** befestigt sein. Die XY-Antriebseinheit **40** oder **55** ist derart ausgelegt, dass sie die Saugdüse **51** vor der Endbearbeitungsmaschine **41** her bewegt, und arbeitet derart, dass sie die Saugdüse **51** entlang der Konturlinie jeder zu formenden Ebene bewegt, so das ungesintertes Pulver um die gesinterte(n) Schicht(en) **11** durch die Saugdüse **51** entfernt werden kann. Mit dieser Ausgestaltung wird verhindert, dass sich ungesintertes Pulver an der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** verfängt, so dass eine hochpräzise Oberfläche gebildet werden kann.

[0093] [Fig. 17](#) zeigt eine gemäss einer zweiten Ausführungsform ausgebildete Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes. Diese Vorrichtung weist eine Pulverschicht-Bildungseinheit **2** zum Bilden einer Pulverschicht **10**, eine Sinterschicht-Bildungseinheit **3** zum Bilden einer gesinterten Schicht **11** und eine Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** zum Entfernen einer Oberflächenschicht niedriger Dichte auf. Die Pulverschicht-Bildungseinheit **2** bildet die Pulverschicht **10** gewünschter Dicke Δt_1 durch Zuführen organischen oder anorganischen pulverförmigen Materials auf einen Sinter-Tisch **20**, der sich vertikal in einem von einem Zylinder umgebenen Raum bewegt, und durch Ebenen bzw. Ausstreichen des pulverförmigen Materials mittels eines Ausstreichmessers **21**. Der Sinter-Tisch **20** ist mittels einer Antriebseinheit auf- und abbewegbar. Die Sinterschicht-Bildungseinheit **3** bildet die gesinterte Schicht **11**, indem sie die Pulverschicht **10** über ein optisches Abtastsystem, das einen Deflektor und dgl. aufweist, mit einem Laser aus einem Laserstrahl-

generator **30** bestrahlt. Die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **4** weist eine XY-Antriebseinheit **40**, die an einer Basis der Einheit **4** befestigt ist, und eine Endbearbeitungsmaschine **41** auf, die an der XY-Antriebseinheit **40** befestigt ist. Die Vorrichtung gemäss [Fig. 17](#) weist ferner eine Steuereinrichtung **60** zum Steuern des Betriebs der oben beschriebenen Einheiten und Vorrichtungen, und eine Ausrichteinheit **62** mit einer Kamera **64** zum Erhalt von Bilddaten zu dem Sinter-Tisch **20** und mit einem von der Steuereinrichtung **60** auszuführenden Ausrichtprogramm auf.

[0094] Zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes gewünschter Form mittels der oben beschriebenen Vorrichtung wird zuerst eine Basis **22** gebildet, deren Form derjenigen einer gesamten unteren Struktur des dreidimensionalen Gegenstandes oder derjenigen eines Teils des Gegenstandes entspricht. Die Basis **22** kann aus jedem beliebigen Material bestehen, das mit einer auf ihr gebildeten gesinterten Schicht verbunden werden kann.

[0095] Gemäss [Fig. 18A](#) wird die Basis **22** auf dem Sinter-Tisch **20** platziert und mittels der Endbearbeitungsmaschine **41** einem gewünschten maschinellen Bearbeitungsvorgang unterzogen. Das maschinelle Bearbeiten erfolgt auf der Basis von Daten, die die Form nach dem Bearbeiten angeben; diese Daten sind erstellt worden, indem im voraus die vorbestimmten Bedingungen den CAD-Daten des dreidimensionalen Gegenstandes auferlegt wurden.

[0096] Nach dem maschinellen Bearbeiten wird gemäss [Fig. 18B](#) die Kamera **64** eingeschaltet, um die Position der Basis **22** auf dem Sinter-Tisch **20** durch Erfassen von Bilddaten hiervon zu verifizieren, und um die Konturlinie der Basis **22** in Draufsicht zu detektieren, so dass die Laserauftreffposition mit der Position auf der Oberfläche der Basis **22** in Übereinstimmung gebracht werden kann, wenn mit dem Sintern begonnen werden soll. Anschließend wird die Oberfläche der Basis **22** mit einem Lichtstrahl **L** niedriger Energiedichte markiert, und die Bilddaten der markierten Position werden mit der Kamera **64** erfasst. Zu diesem Zeitpunkt wird gemäss [Fig. 19](#), falls die Position **A**, an der der Lichtstrahl **L** in Bezug auf die Basis **22** auftreffen soll, von der Position **B** des tatsächlichen Auftreffens der Lichtstrahls **L** abweicht, mittels der Steuereinrichtung **60** die Abweichung zwischen den Koordinaten der Basis **22** und denjenigen des Lichtstrahlausgabesystems detektiert, um die Abweichung zu korrigieren.

[0097] Nach dem Abschluss dieses Ausrichtvorgangs wird gemäss [Fig. 18C](#) dem Sinter-Tisch **20** Pulvermaterial zugeführt, das seinerseits von dem Ausstreichmesser **21** geglättet wird, um eine Pulverschicht **10** mit einer Dicke Δt_1 zu bilden. Die Pulverschicht **10** wird dann mit dem Lichtstrahl **L** bestrahlt,

um einen gewünschten Bereich der Schicht zu sintern. Nachdem das Formen der Pulverschicht **10** und das Sintern der Schicht durch den Lichtstrahl L wiederholt ausgeführt worden sind, erhält man den dreidimensionalen Gegenstand, der eine aus der Basis **22** gebildete untere Struktur und eine aus mehreren aufeinander laminierten gesinterten Schichten **11** gebildete obere Struktur aufweist, wie [Fig. 18D](#) zeigt.

[0098] Durch die Basis **22** entfällt der zeitintensive Arbeitsaufwand, der zum Laminieren und Sintern einer bestimmten Anzahl von Pulverschichten **10**, die in ihrer Gesamtheit der Dicke der Basis **22** entsprechen, verursacht würde.

[0099] Falls die zum maschinellen Bearbeiten der Basis **22** erforderliche Zeit länger ist als die Zeit, die zum Bilden mehrerer gesinteter Schichten **11** mit gleicher Form wie die Basis **22** erforderlich ist, führt die Verwendung der Basis **22** zu einem Anstieg der zur Herstellung des dreidimensionalen Gegenstandes erforderlichen Zeit. Deshalb werden der Vorgang zum maschinellen Bearbeiten der Basis **22** und der Vorgang zum Sintern der gesinterten Schichten **11** im voraus simuliert, und falls die für den erstgenannten Vorgang erforderliche Zeit kürzer ist als die Zeit für den letzteren Vorgang, wird die Basis **22** verwendet.

[0100] Im folgenden wird die Verwendung der Basis anhand einer Struktur gemäß [Fig. 20](#) weiter erläutert.

[0101] Nur falls die erforderliche Zeit zum maschinellen Erzeugen eines Teils C der Struktur kürzer ist als erforderliche Zeit zum Erzeugen des Teil C durch Laminieren mehrerer gesinteter Schichten **11**, wird die Struktur gemäß [Fig. 20](#) als Basis **22** verwendet. Falls hingegen die erforderliche Zeit zum maschinellen Erzeugen des Teils C der Struktur kürzer ist als erforderliche Zeit zum Erzeugen des Teils C durch Laminieren der gesinterten Schichten **11**, wird an der Struktur ein maschineller Bearbeitungsvorgang in Bezug auf einen Teil D vorgenommen, um eine Basis **22** ohne den Teil C zu bilden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes, mit den folgenden Schritten:

- (a) Bestrahlen eines vorbestimmten Teils einer Pulverschicht (**10**) mit einem Lichtstrahl (L) zum Bilden einer gesinterten Schicht (**11**);
- (b) Beschichten der gesinterten Schicht (**11**) mit einer neuen Pulverschicht (**10**);
- (c) Bestrahlen eines vorbestimmten Teils der neuen Pulverschicht (**10**) mit dem Lichtstrahl (L) zum Bilden einer weiteren gesinterten Schicht (**11**), die mit der darunterliegenden gesinterten Schicht (**11**) verbunden wird;

(d) Wiederholen der Schritte (b) und (c) zum Bilden mehrerer miteinander verbundener gesinteter Schichten (**11**), deren Abmessungen größer sind als die Abmessung der Ziel-Form (M) des dreidimensionalen Gegenstandes; und

(e) Das Entfernen eines Oberflächenbereiches eines bis dahin während des Schrittes (d) gebildeten geformten Gegenstandes,

dadurch gekennzeichnet,

dass zum Freilegen der gesinterten Schichten (**11**) ein Oberflächenbereich mit einer Dicke entfernt wird, die größer ist als eine Dicke einer durch Anhaften von Pulvermaterial an den gesinterten Schichten (**11**) gebildeten Oberflächenschicht (**16**), deren Dichte geringer ist als diejenige der gesinterten Schichten (**11**).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Schritte vor dem Schritt (a):

- (a1) Anordnen einer Basis (**22**), die eine untere Struktur des dreidimensionalen Gegenstandes bildet, auf einem Sinter-Tisch (**20**);
- (a2) maschinelles Bearbeiten der Basis (**22**); und
- (a3) Ausrichten der Basis (**22**) mit einer Auftreffposition des Lichtstrahls.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgende Schritte vor dem Schritt (a1):

- Vergleichen der zum maschinellen Bearbeiten der Basis (**22**) erforderlichen Zeit mit der Zeit, die zum Bilden mehrerer gesinteter Schichten (**11**) mit der gleichen Form wie derjenigen der Basis (**22**) erforderlich ist; und
- Herstellen der Basis (**22**), falls die zum maschinellen Bearbeiten der Basis (**22**) erforderliche Zeit kürzer ist als die zum Bilden der mehreren gesinterten Schichten (**11**) erforderliche Zeit.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Entfernen des Bereichs der Oberfläche durch Schneiden durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Entfernen des Bereichs der Oberfläche durch einen Laser durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Schritt (e) ein zu entfernender Bereich mit einem Lichtstrahl (L) bestrahlt wird, um diesen Bereich zu erweichen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Schritt (e) ein Teil des geformten Gegenstandes, von dem der Bereich der Oberflächenkontur entfernt worden ist, mit einem Lichtstrahl (L) bestrahlt wird, um die Dichte dieses Bereiches zu erhöhen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet, dass um die gesinterten Schichten **(11)** herum befindliches ungesintertes Pulver oder durch das Entfernen des Oberflächenbereiches erzeugte Späne während des Schritts (e) entfernt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Schritt (e) um die gesinterten Schichten **(11)** herum befindliches ungesintertes Pulver entfernt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Schritt (e) Harz oder Wachse in einen Bereich gefüllt werden, aus dem das ungesinterte Pulver oder die Späne entfernt worden sind.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Schritt (e) das ungesinterte Pulver verfestigt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das ungesinterte Pulver durch Frieren verfestigt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das ungesinterte Pulver durch Harz oder Wachse verfestigt wird.

14. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes, mit:
 einer Pulverschicht-Bildungseinheit **(2)**, der eine Pulverschicht **(10)** bildet;
 einer Sinterschicht-Bildungseinheit **(3)** mit einem Laserstrahlgenerator **(30)** zum Bilden einer gesinterten Schicht durch Bestrahlen eines vorbestimmten Bereichs der Pulverschicht **(10)** mit einem Lichtstrahl (L) bestrahlt;
 einem Abstandsregulator **(20)** zum Regeln des Abstandes zwischen der Sinterschicht-Bildungseinheit **(3)** und der gesinterten Schicht **(1)**; und
 mit einer Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **(4)**, die einen Oberflächenbereich entfernt, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **(4)** den Oberflächenbereich zum Freilegen der gesinterten Schichten **(11)** mit einer Dicke abträgt, die größer ist als die Dicke einer durch Anhaften von Pulvermaterial an den gesinterten Schichten **(11)** gebildeten Oberflächenschicht mit einer geringeren Dichte als die der gesinterten Schichten **(11)**.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abführeinheit **(51)** zum Abführen von ungesintertem Pulver oder Spänen, die durch die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **(4)** erzeugt wurden, in enger Nähe zu der Pulverschicht-Bildungseinheit **(9)** angeordnet ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, da-

durch gekennzeichnet, dass eine Abführeinheit **(51)** durch die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit **(4)** erzeugtes ungesintertes Pulver oder Spänen abführt, wobei die Abführeinheit **(51)** mit einer Antriebseinheit **(40, 55)** versehen ist, mit der die Abführeinheit **(51)** entlang einer Konturlinie jeder zu formenden Ebene bewegt wird.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

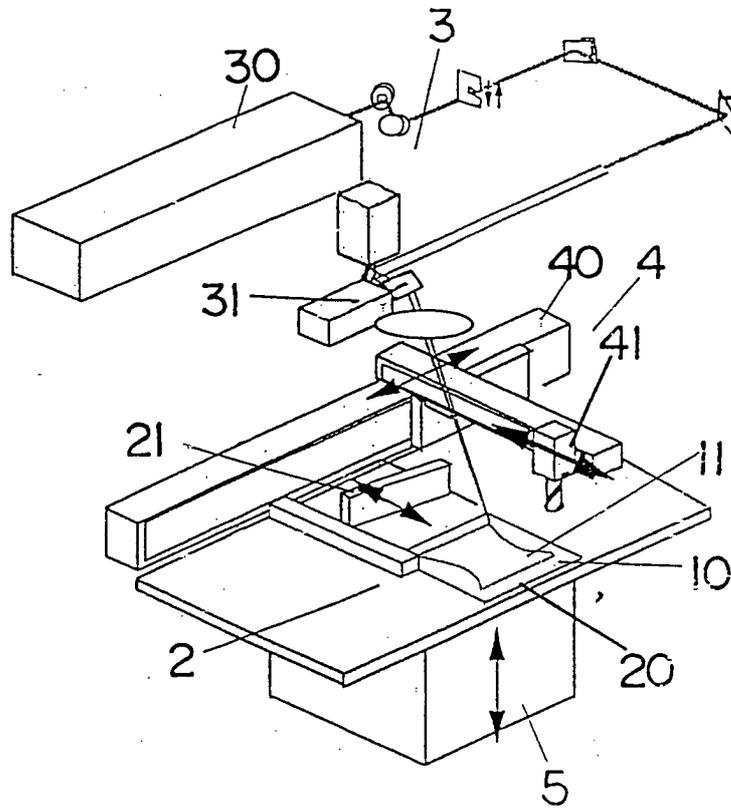


Fig. 4

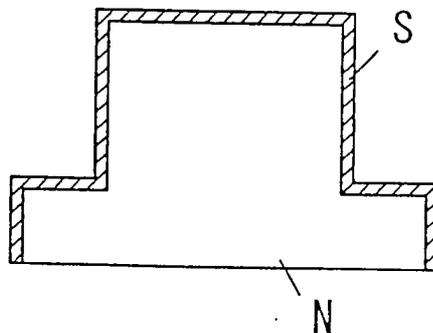


Fig. 2

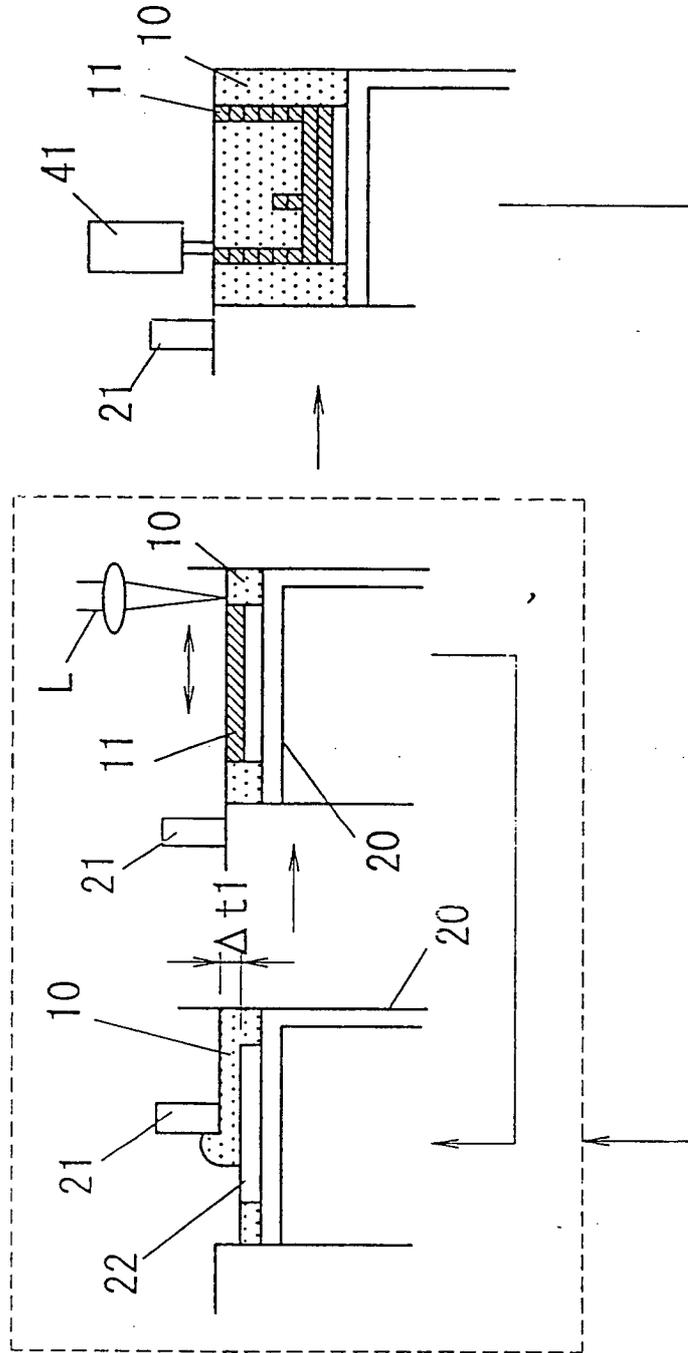


Fig. 3

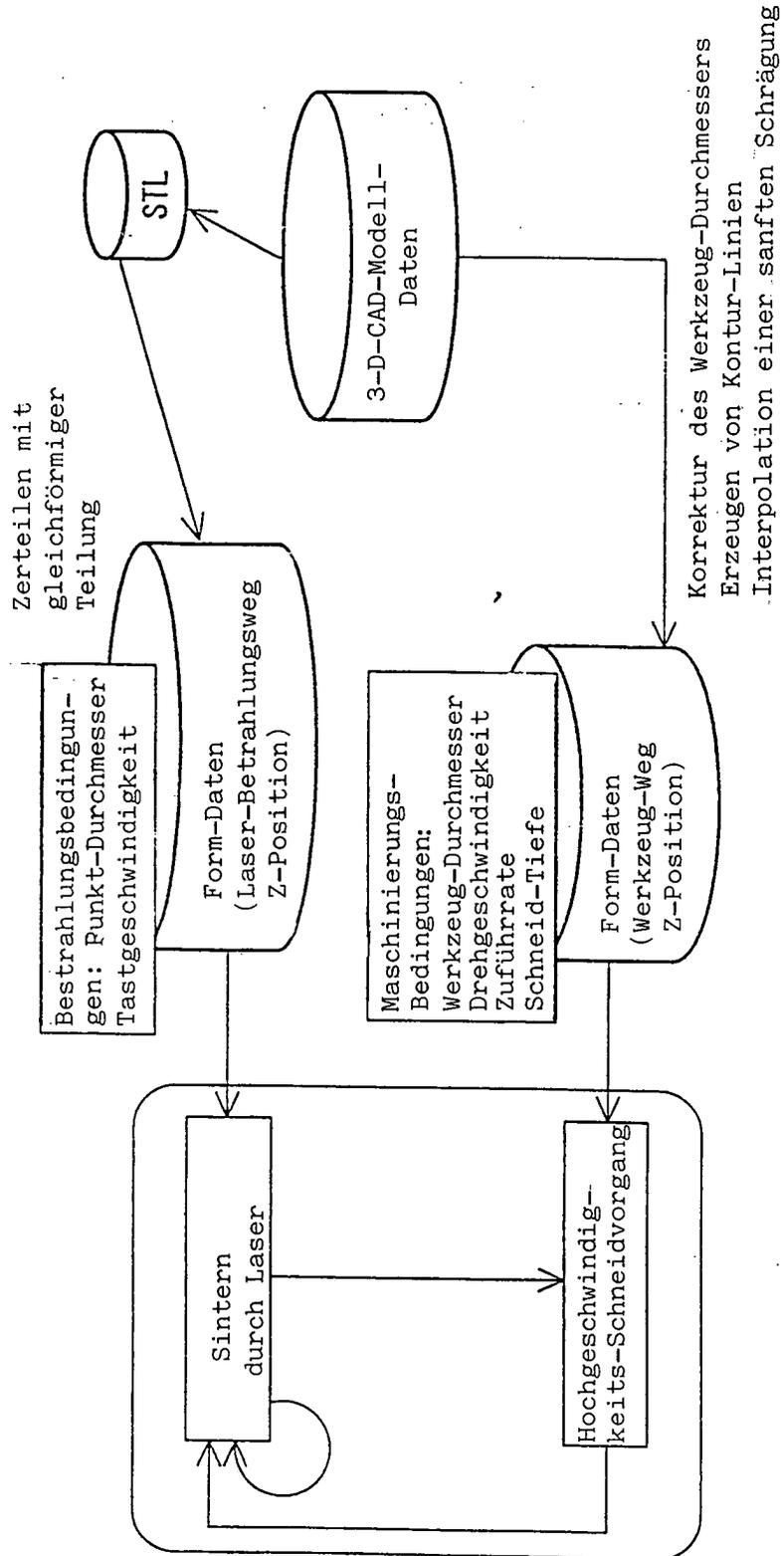


Fig. 5A

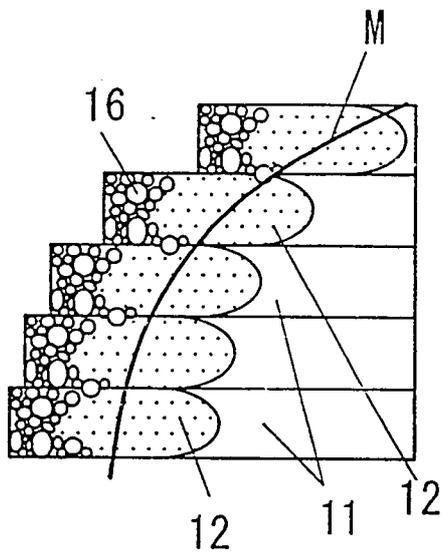


Fig. 5B

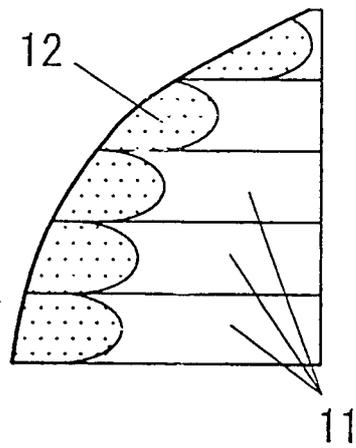


Fig. 8

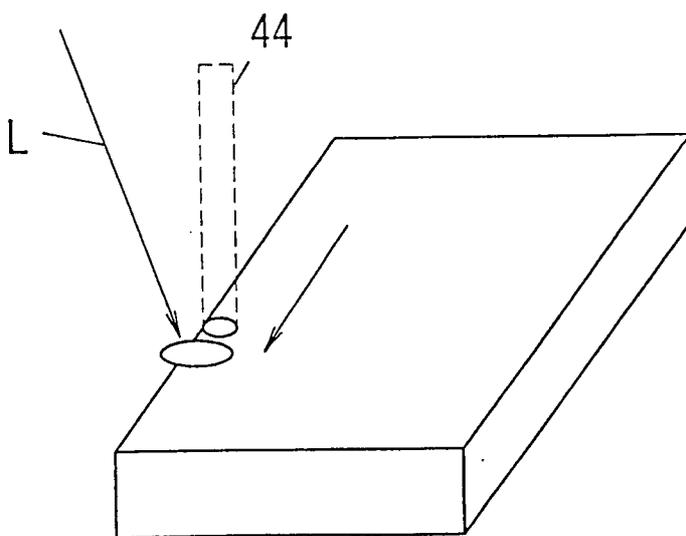


Fig. 6A

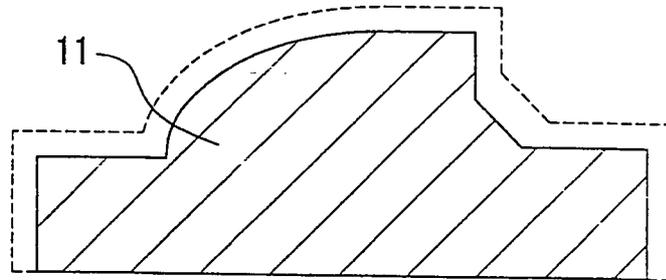


Fig. 6B

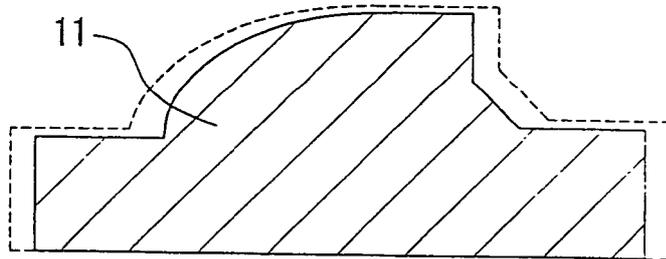


Fig. 7

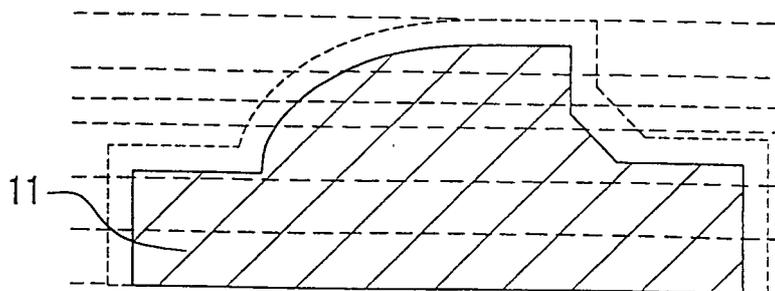


Fig. 9

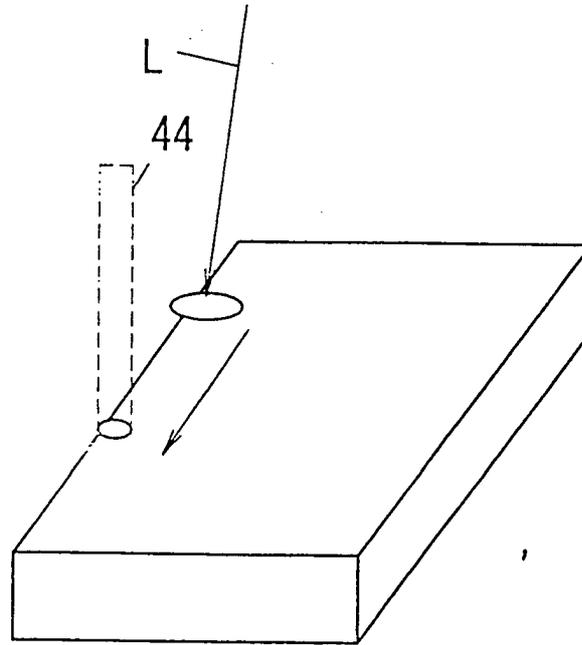


Fig. 10

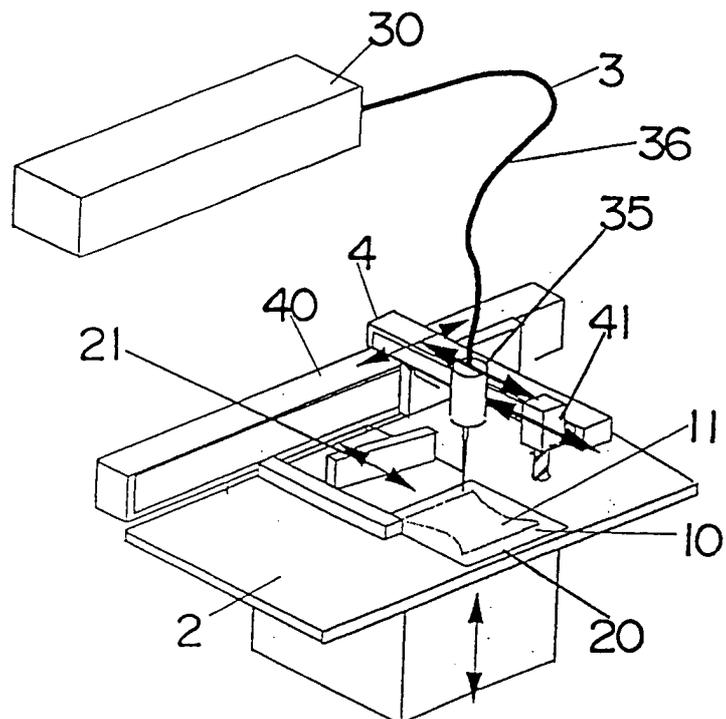


Fig. 11

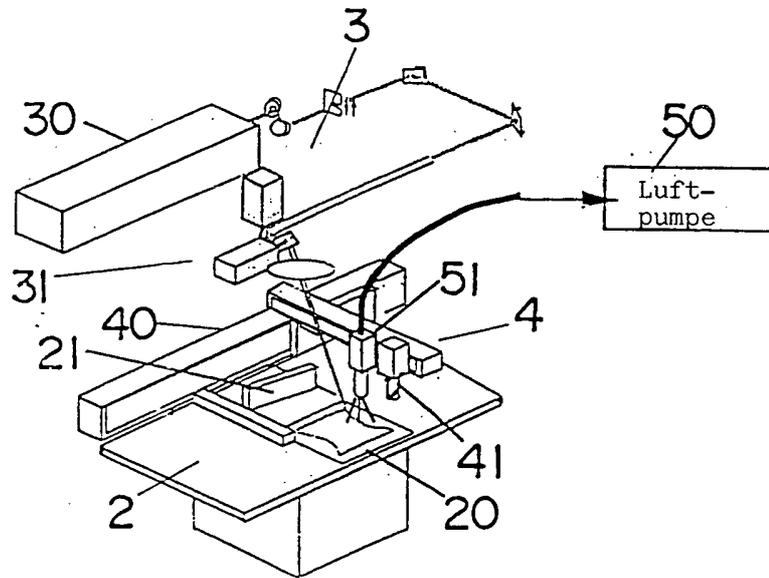


Fig. 12A

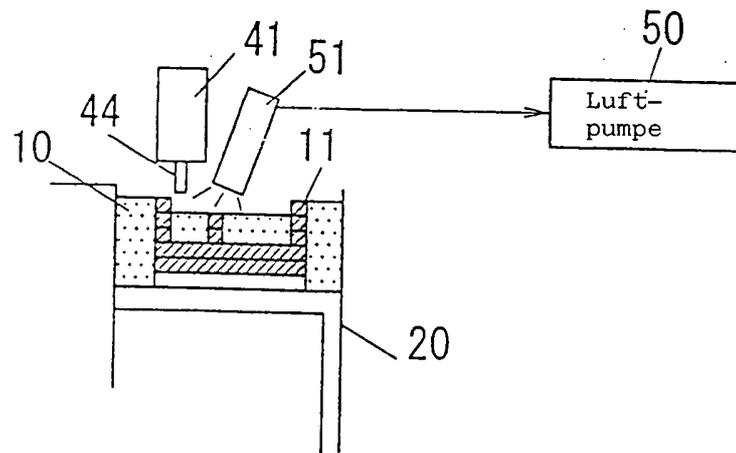


Fig. 12B

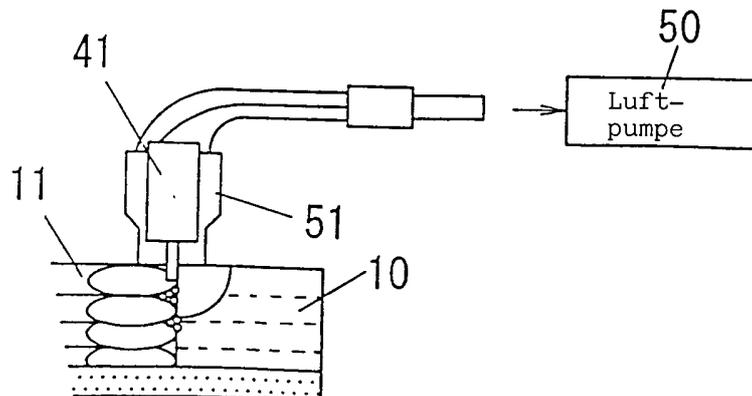


Fig. 13A

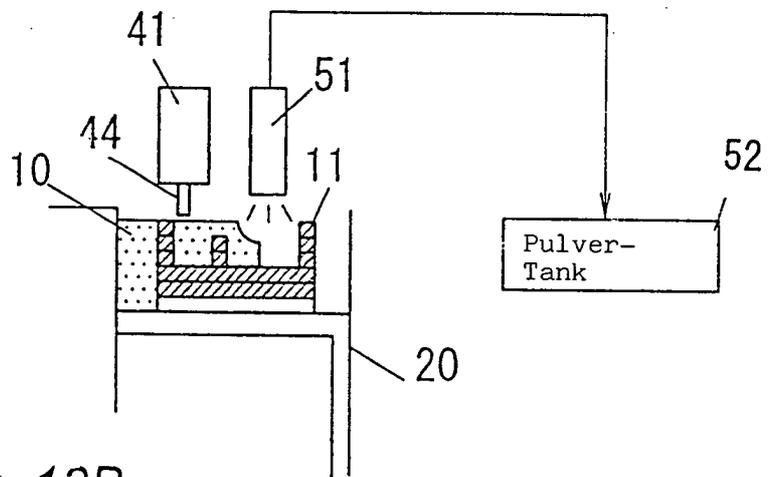


Fig. 13B

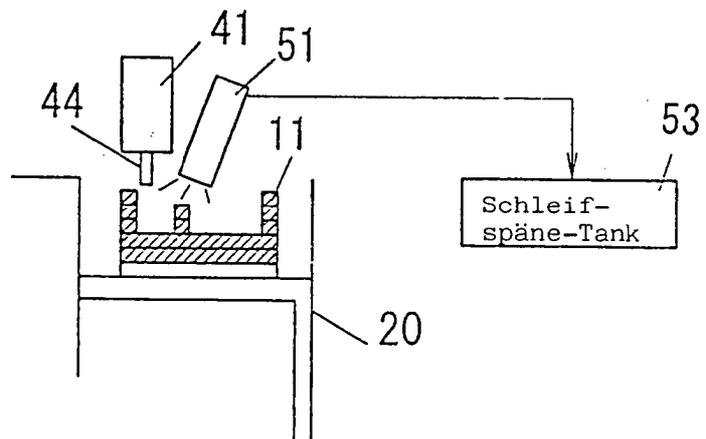


Fig. 14A

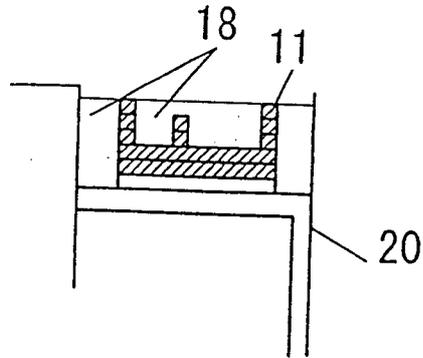


Fig. 14B

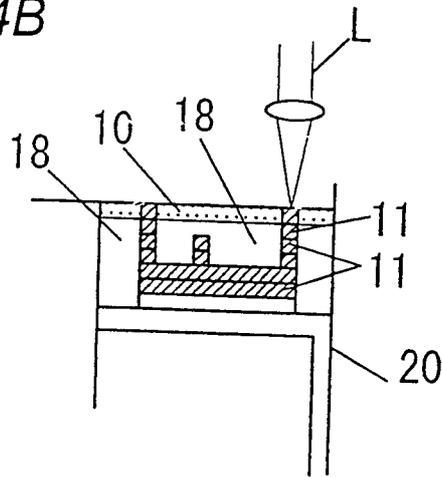


Fig. 14C

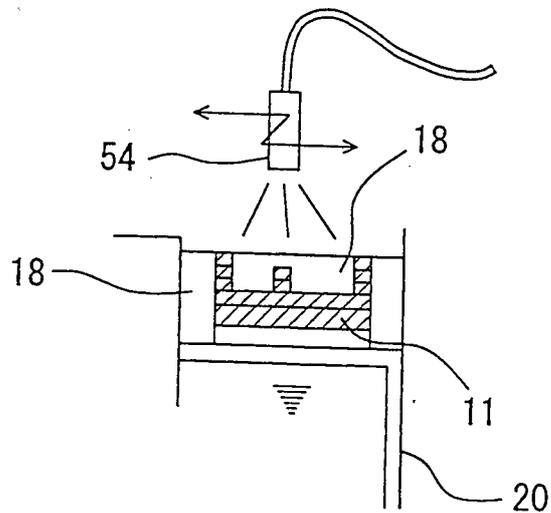


Fig. 15

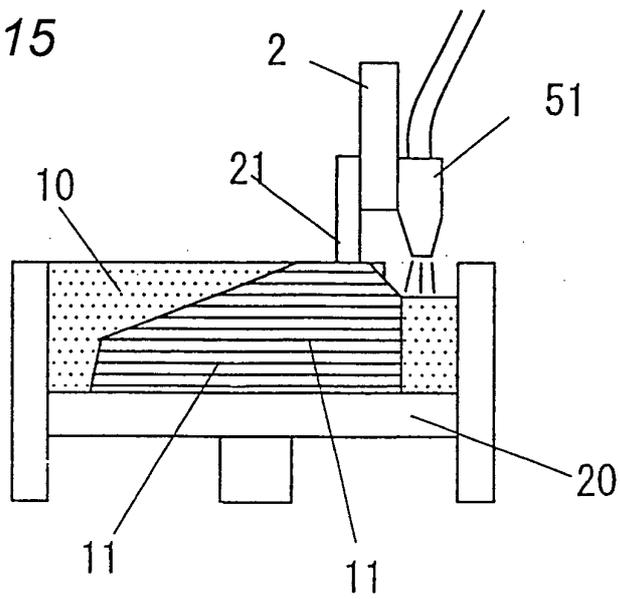


Fig. 16A

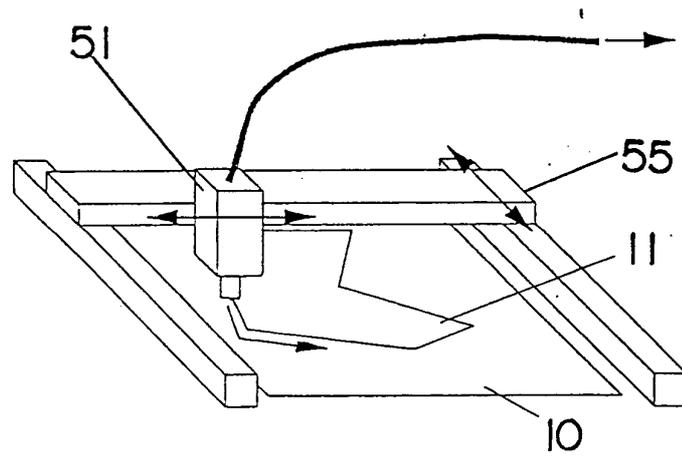


Fig. 16B

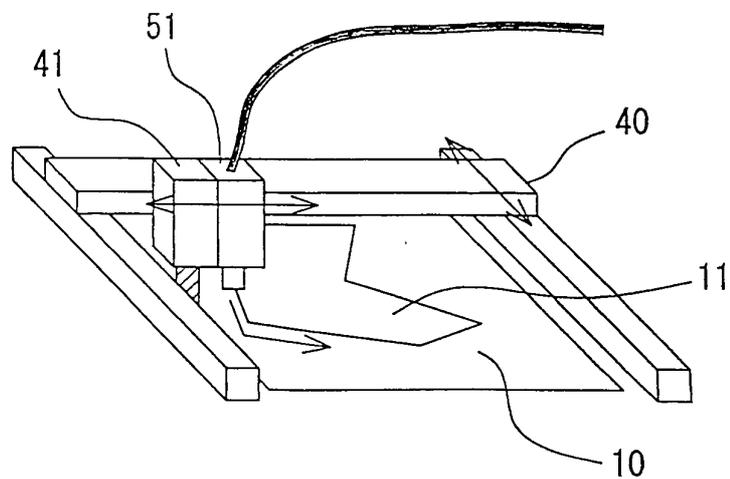


Fig. 17

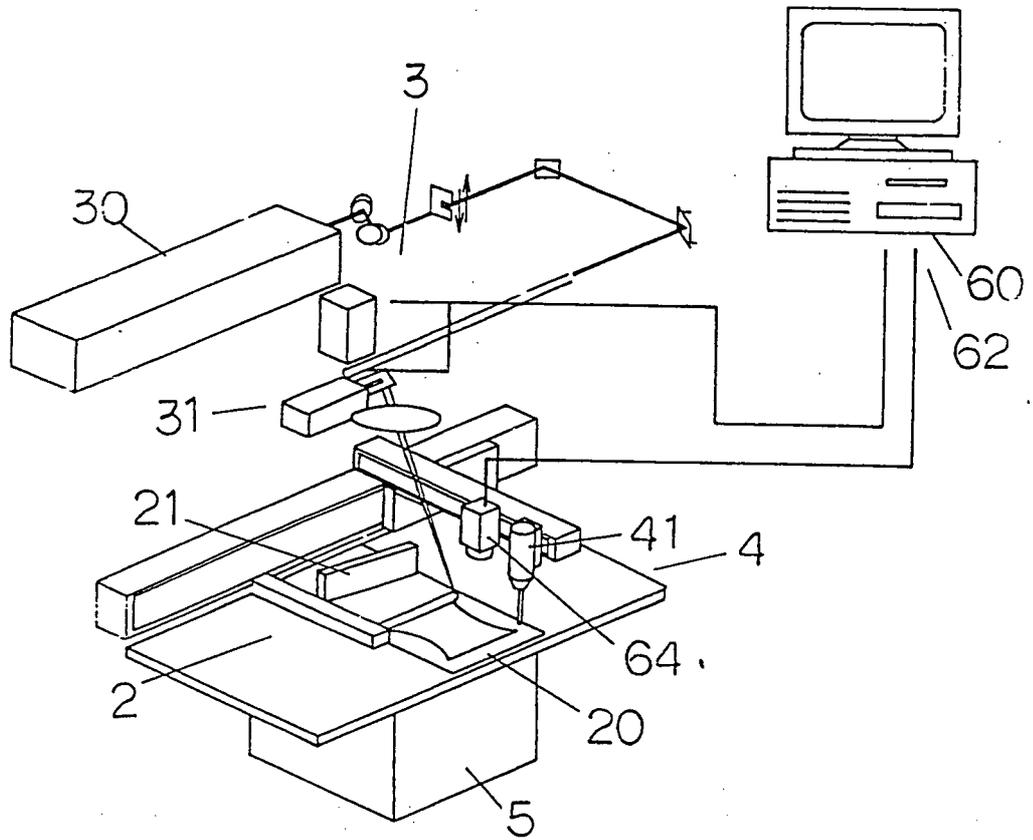


Fig. 19

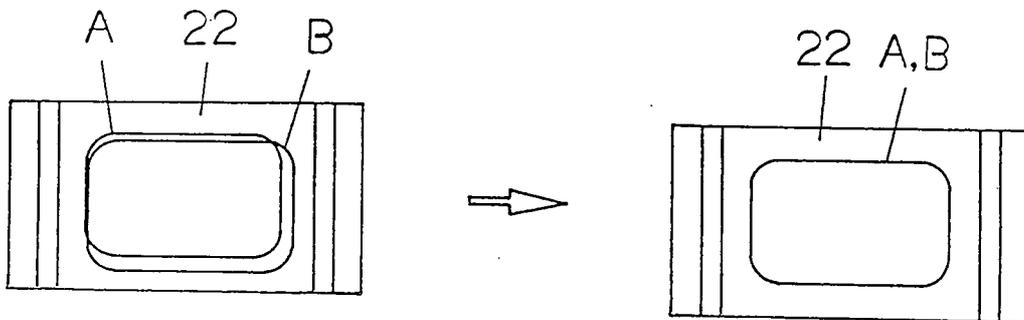


Fig. 18A

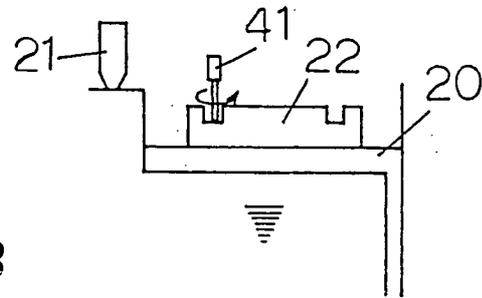


Fig. 18B

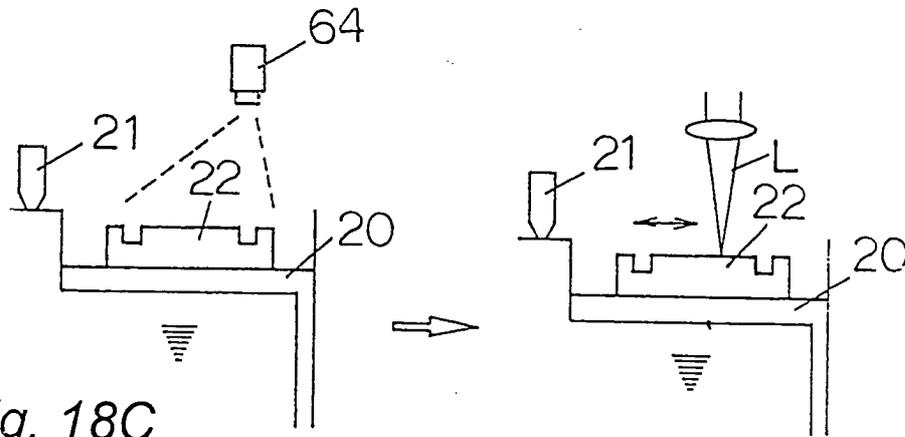


Fig. 18C

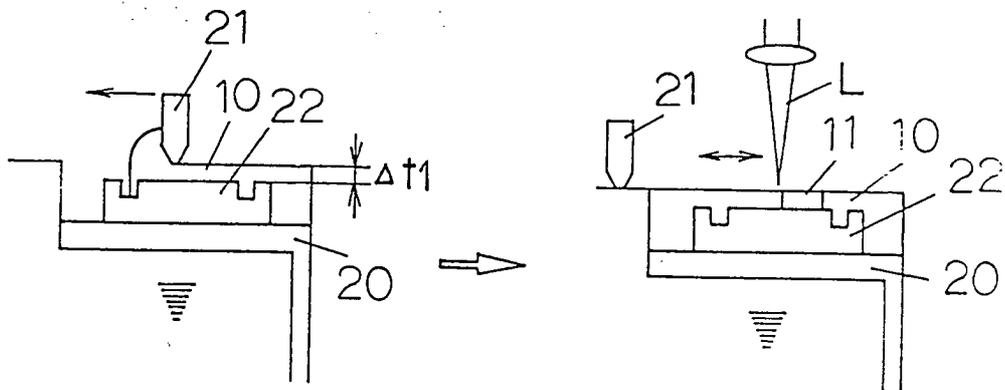


Fig. 18D

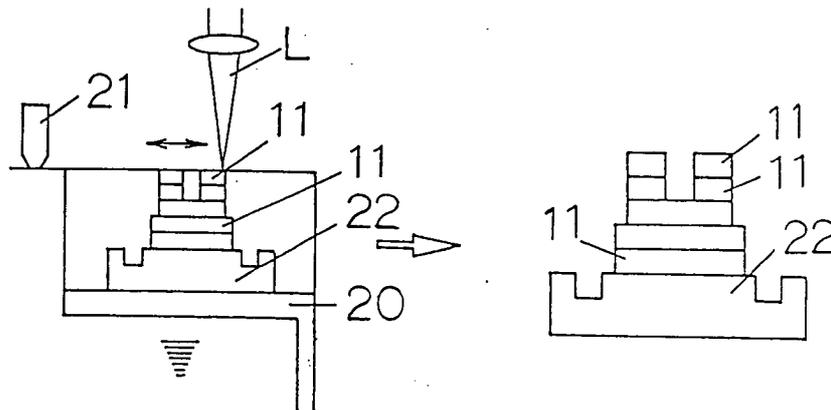


Fig. 20

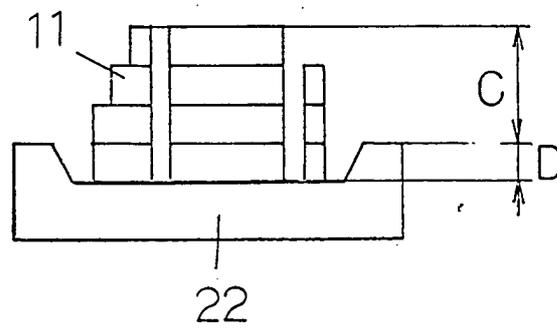


Fig. 21A

Stand der Technik

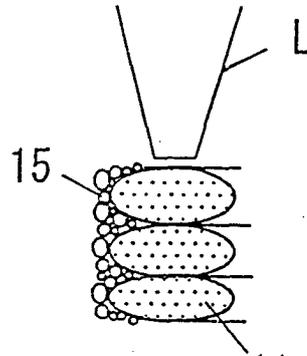


Fig. 21B

Stand der Technik

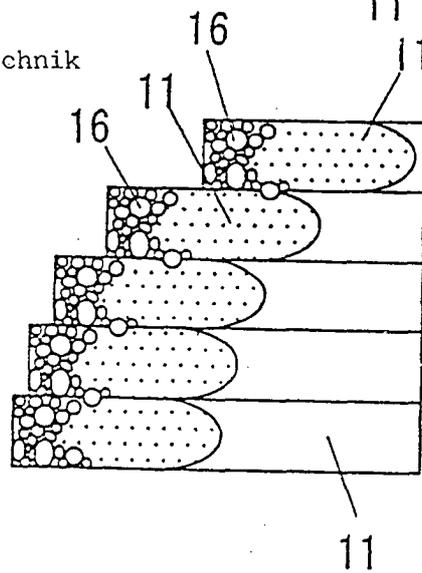


Fig. 21C

Stand der Technik

