



(10) **DE 10 2014 212 176 A1** 2015.12.31

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 212 176.0**

(22) Anmeldetag: **25.06.2014**

(43) Offenlegungstag: **31.12.2015**

(51) Int Cl.: **B29C 67/04 (2006.01)**

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
**Küsters, Yves, 10829 Berlin, DE; Schäfer, Martin,
10557 Berlin, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

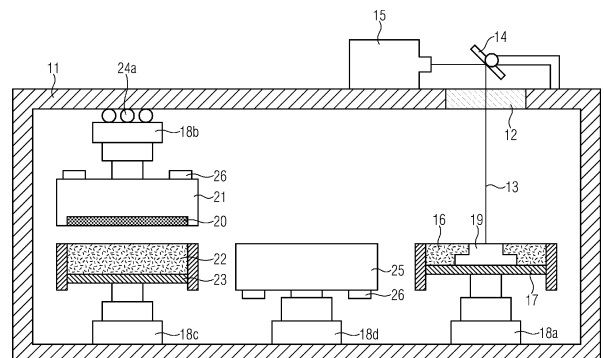
US	6 206 672	B1
US	2002 / 0 145 213	A1
US	2010 / 0 006 228	A1
US	5 779 833	A
US	6 158 346	A

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren und Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren, z. B. das Laserschmelzen. Außerdem betrifft die Erfindung eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass Lagen (20) auf das Pulverbett (16), in dem das Bauteil (19) hergestellt werden soll, durch ein Trägerbauteil (21) als Ganzes auf das Pulverbett (19) appliziert werden. Die Lage (20) kann von einem Vorratspulverbett (22) abgenommen werden, welches die gleichen Abmessungen aufweist, wie das Pulverbett (16). Zusätzlich kann mittels eines Verdichters (25) die Lage (20) verdichtet werden. Der Vorteil der erfindungsgemäßen Applikation von Lagen (20) liegt darin, dass diese eine höhere Qualität aufweisen. Diese sind dichter ausgeführt und aufgrund des Anliegens an dem Trägerbauteil (21) eben. Hierdurch lässt sich auch die Qualität des herzustellenden Bauteils (19) verbessern.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren, bei dem wiederholt eine Lage eines Pulvers auf ein Pulverbett aufgetragen wird. Mit einem Energiestrahle wird das Pulver anschließend selektiv bei gleichzeitiger Ausbildung einer Lage eines herzustellenden Bauteils aufgeschmolzen. So entsteht in dem Pulverbett lagenweise das herzustellende Bauteil.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Anlage zur Durchführung eines pulverbettbasierten additiven Fertigungsverfahrens, aufweisend eine Prozesskammer, in der auf einer Bauplattform ein Pulverbett erzeugbar ist. In der Prozesskammer befindet sich weiterhin eine Dosiereinrichtung, mit der eine Lage auf einem auf der Bauplattform befindlichen Pulverbett erzeugbar ist. Ein pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren und eine Anlage zur Durchführung desselben sind beispielsweise aus der US 2003/0074096 A1 bekannt. Um ein möglichst gleichmäßiges Pulverbett zu erzeugen, wird vorgeschlagen, dass das Pulver über eine Zuführleitung einzeln einem Array von Trichtern zugeführt wird, wobei die Trichter des Arrays örtlich für eine genaue Dosierung des Pulvers sorgen. Hierdurch kann insgesamt die gleichmäßige Auftragung des Pulvers über die gesamte Oberfläche des Pulverbetts gewährleistet werden. Allerdings müssen die einzelnen Trichter des Trichterarrays durch die Zuführvorrichtung für das Pulver einzeln angefahren werden, was im Betrieb eine gewisse Beschickungsdauer zur Folge hat.

[0003] Aus der 3D-Drucktechnik ist es gemäß der US 2002/0145213 A1 weiterhin bekannt, dass Pulver zum Drucken der einzelnen Lagen eines herzustellenden Bauteils mittels einer geeigneten Zuführvorrichtung zugeführt werden kann, wobei, wie bei Laserdruckern üblich, das Pulver der einzelnen Lagen durch eine elektrostatische Aufladung derjenigen Bereiche, die die Lage des herzustellenden Bauteils bilden sollen, vorläufig anhaften. Anschließend werden diese Partikel durch Energiezufuhr aufgeschmolzen.

[0004] Weiterhin ist es allgemein bekannt, dass das Pulver bei pulverbettbasierten additiven Fertigungsverfahren mittels einer Dosiervorrichtung auf das Pulverbett aufgestreut werden kann, wobei anschließend eine Rakel über die Oberfläche des Pulverbetts gezogen wird, um eine gleichmäßige Verteilung des Pulvers auf dem Pulverbett zu gewährleisten. Hierbei ist die Prozesssicherheit zur Herstellung eines glatten Pulverbetts jedoch begrenzt. Verschleißerscheinungen an der Rakel sowie Bauteilfehler an der Oberfläche können dazu führen, dass die Oberfläche des Pulverbetts uneben ausgebildet wird, z. B. Rillen oder Grate enthält. Diese führen beim anschließenden Aufschmelzen des Pulvers zu Ungenauigkeiten im hergestellten Bauteil. Um diese Effekte mög-

lichst weit einzudämmen, werden Pulver mit einer hohen Pulvergüte verwendet, beispielsweise können gasverdünnte Pulver Verwendung finden, wobei diese im Vergleich zu anderen Pulversorten teurer in der Anschaffung sind.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein eingangs angegebenes pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren derart weiterzubilden, das eine zeitsparende Aufbringung von Pulver auf das Pulverbett möglich wird und dabei die Qualität des Pulverbetts insbesondere hinsichtlich der durch das Pulverbett ausgebildeten Oberfläche verbessert wird. Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung, eine eingangs angegebene Anlage zur Durchführung eines pulverbettbasierten additiven Fertigungsverfahrens dahingehend auszustatten, dass ein solches verbessertes Verfahren mit dieser Anlage durchführbar ist.

[0006] Diese Aufgabe wird mit dem eingangs angegebenen additiven Fertigungsverfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zum Auftragen der Lage auf das Pulverbett ein Trägerbauteil verwendet wird, mit dessen Hilfe sich eine vorgefertigte Lage als Ganzes auf das Pulverbett transferieren lässt. Hierbei werden folgende Schritte durchlaufen. Die aufzutragende Lage wird außerhalb des Pulverbetts ausgebildet und verfestigt. Hierzu muss eine geeignete Unterlage zur Verfügung stehen, wobei hierauf im Folgenden noch näher eingegangen wird. Die Verfestigung der Lage ist zumindest soweit notwendig, dass die Lage stabil genug ist, um mit geeigneten Hilfsmitteln auf das Pulverbett transferiert zu werden. In einem nächsten Schritt wird die ausgebildete Lage temporär an einem Trägerbauteil gehalten. Hierfür sind Haltekräfte notwendig, die von dem Trägerbauteil aufgebracht werden müssen (hierzu im Folgenden mehr). Weiterhin wird die ausgebildete Lage mit dem Trägerbauteil auf dem Pulverbett abgelegt. Dabei hängt die Lage sozusagen unter dem Trägerbauteil, damit diese von oben auf das Pulverbett aufgesetzt werden kann. Die bereits erwähnten Haltekräfte sorgen dafür, dass bei dieser Handhabungsbewegung des Trägerbauteils die Lage nicht herabstürzt. Würde die Lage auf dem Pulverbett abgelegt, so wird anschließend die temporäre Bindung zwischen der Lage und dem Trägerbauteil wieder gelöst. Dies erfolgt durch Aufheben der Haltekräfte. Das Trägerbauteil kann nun abgehoben werden und hinterlässt die Lage auf dem Pulverbett. Anschließend kann das additive Fertigungsverfahren weitergeführt werden, indem die das Bauteil ausbildende Teilbereiche der Lage durch einen Energiestrahle aufgeschmolzen werden. Bevorzugt wird ein selektives Laserschmelzen oder ein selektives Elektronenstrahlschmelzen durchgeführt.

[0007] Die erfindungsgemäße Applikation einer Lage als Ganzes auf dem Pulverbett hat den Vorteil, dass diese nicht mit einer Rakel oder einem ähnlichen Werkzeug geglättet werden muss. Die vorläufi-

ge Verfestigung der Lage bereits vor der Halterung derselben auf dem Trägerbauteil hat den Vorteil, dass diese bei vorsichtiger Handhabung als Ganzes und nicht in Form individueller Pulverteilchen auf dem Pulverbett abgelegt werden kann. Nach Abheben des Trägerbauteils wird damit eine glatte Oberfläche des Pulverbetts freigelegt, welche vorteilhaft wesentlich glatter ist, als die nach herkömmlichen Verfahren hergestellte Oberfläche von Pulverbetten. Hierdurch lässt sich vorteilhaft ein gutes Bauteilergebnis durch das additive Fertigungsverfahren herstellen.

[0008] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass für die Ausbildung der Lage eine Hilfssplatte zur Verfügung gestellt wird und die Lage anschließend mit dem Trägerbauteil von der Hilfssplatte abgenommen wird. Die Hilfssplatte kann vorteilhaft zur Applikation von Pulver mit dem an sich bekannten Dosierungsverfahren und anschließendem Rakeln erfolgen. Hierbei kann vorteilhaft auf den bestehenden Stand der Technik zurückgegriffen werden. Auch ist es möglich, bereits verwendete Anlagen zum additiven Fertigen, die Pulverdosiereinrichtungen und Rakeleinrichtungen aufweisen, mit der Hilfssplatte zu modifizieren, so dass diese herkömmlichen Anlagen mit dem verbesserten Verfahren betrieben werden können. Unebenheiten, die beim Rakeln der Lage auf der Hilfssplatte entstehen, sind für das zu erzeugende Bauteil unerheblich, weil diese anschließend durch Aufsetzen des Trägerbauteils auf die Pulverteilchen ausgeglichen werden.

[0009] Eine andere Ausbildung der Erfindung wird erhalten, wenn die Ausbildung der Lage mit dem Trägerbauteil erfolgt, indem die Lage als Ganzes durch Aufnehmen von Pulver aus einem Vorratspulverbett hergestellt wird. Das Vorratspulverbett bildet sozusagen ein komplementäres Pulverbett in der Prozesskammer der Anlage zum additiven Herstellen von Bauteilen. Es besitzt vorzugsweise dieselbe Oberflächenform und -größe wie das Pulverbett, so dass aus dem Vorratspulverbett Pulverlagen entnommen werden können, die genau in das Pulverbett zur Herstellung des betreffenden Bauteils passen. Dabei wird das Vorratspulverbett sukzessive Lage für Lage aufgebaut, während das Pulverbett zur Herstellung des Bauteils Lage für Lage wächst.

[0010] Die Nutzung eines Vorratspulverbetts hat gleich mehrere Vorteile. Die benötigte Pulvermenge für ein herzustellendes Bauteil kann in Kenntnis des für die Herstellung des Bauteils erforderlichen Pulverbetts vorteilhaft genau dosiert werden.

[0011] Außerdem kann die Aufnahme von Lagen mittels des Trägerbauteils vorteilhaft sehr schnell erfolgen, weil die Lage jeweils durch Aufsetzen des Trägerbauteils auf dem Hilfspulverbett als Ganzes hergestellt werden kann. Das Hilfspulverbett ist vorteilhaft auch viel einfacher aufgebaut, als die im

Vergleich hierzu komplexen Dosiervorrichtungen und Rakelvorrichtungen, die vergleichsweise komplexe Bewegungsabläufe durchführen müssen.

[0012] Gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Pulver auf der Hilfssplatte oder dem Trägerbauteil nach dem Ausbilden der Lage mit einer Verdichterplatte verdichtet wird, indem diese auf die Lage gedrückt wird. Es wird also eine besondere Baueinheit in der Anlage zum additiven Herstellen von Bauteilen vorgesehen, die alleine den Zweck verfolgt, durch Andrücken der Partikel auf die Hilfssplatte oder das Trägerbauteil zu verdichten. Hierdurch wird die mechanische Stabilität der Lage vorteilhaft erhöht. Außerdem kann, wenn das Andrücken gegen das Trägerbauteil erfolgt, auch die Haltekraft des Trägerbauteils für die Lage z. B. durch Adhäsionseffekte verbessert werden.

[0013] Weiterhin kann vorteilhaft vorgesehen werden, dass das Pulver auf der Hilfssplatte nach dem Ausbilden der Lage mit dem Trägerbauteil verdichtet wird, indem dieses auf die Lage abgesenkt wird. Wird eine Hilfssplatte für die Ausbildung der Lage vorgesehen, so existiert vorteilhaft bereits eine Paarung von Bauteilen, mit denen eine Verdichtung der Lage erfolgen kann:

nämlich das Trägerbauteil und die Hilfssplatte. In einem solchen Fall kann auf eine gesonderte Verdichterplatte vorteilhaft verzichtet werden. Durch ein Verdichten der auf der Hilfssplatte befindlichen vorläufigen Lage wird diese in einem Prozessschritt vorteilhaft auf das Trägerbauteil übertragen.

[0014] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Trägerbauteil und/oder die Hilfssplatte und/oder die Verdichterplatte (je nachdem welche dieser Bauteile in der Anlage zum Einsatz kommen) zur Unterstützung der Verdichtung des Pulvers mit mechanischen Schwingungen, insbesondere im Ultraschallbereich, beaufschlagt wird oder werden. Zu diesem Zweck müssen das Trägerbauteil und/oder die Hilfssplatte und/oder die Verdichterplatte mit einem Schwingungsgenerator mechanisch gekoppelt sein. Dieser kann beispielsweise aus einem Ultraschallkopf bestehen. Mechanische Schwingungen geringerer Frequenz können auch durch mechanische Schwingköpfe mit motorischem Antrieb generiert werden. Durch Einsatz eines Schwingungsgenerators wird die Verdichtung der Lage vorteilhaft unterstützt, wodurch diese eine größere mechanische Stabilität bekommt. Ein Schwingungsgenerator in dem Trägerbauteil kann überdies Verwendung finden, um nach Aufsetzen der Lage auf das Pulverbett eine Trennung des Trägerbauteils von der Lage zu unterstützen, indem Adhäsionskräfte zwischen den Partikeln und der Lage aufgehoben werden.

[0015] Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Trägerbauteil ein

zu ihrer Oberfläche hin offenes Kanalsystem aufweist, und die Lage mit Hilfe eines Vakuums an dem Trägerbauteil gehalten wird. Dieses Kanalsystem kann eine bestimmte Geometrie aufweisen. Alternativ ist es auch möglich, das Material des Trägerbauteils offenporig porös auszuführen, so dass die Poren sich auch zu der Oberfläche hin öffnen. Durch Anlegen eines Unterdrucks an die Oberfläche entsteht ein Vakuum, welches eine Haltekraft auf die ausgebildete Lage erzeugt. Die Lage selbst weist aufgrund einer Restporosität ebenfalls eine offenporige Struktur auf, so dass ein Leckagestrom durch die Lage hindurch entsteht. Dieser muss durch eine Vakuumpumpe, die an das Kanalsystem angeschlossen ist, ständig ausgeglichen werden. Die mechanische Stabilität der Lage gewährleistet hierbei, dass dieser durch die Leckage verursachte Volumenstrom nicht aufgelöst wird.

[0016] Alternativ kann gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung die Lage auch mit Hilfe magnetischer oder elektrostatischer Kräfte an dem Trägerbauteil gehalten werden. Zu diesem Zweck muss das Trägerbauteil selbst von einem Magnetfeld durchflutet werden, was durch einen externen Magneten auf der Rückseite des Trägerbauteils gewährleistet werden kann. Besonders vorteilhaft kann das Trägerbauteil auch aus einem ferromagnetischen Material wie Eisen hergestellt werden, damit das Magnetfeld an der Oberfläche des Trägerbauteils verstärkt wird. Durch Entfernen des Magnetfelds von dem Trägerbauteil bevorzugt durch Abschalten einer das Magnetfeld erzeugenden elektrischen Spule, kann die Haltekraft aufgehoben und die Lage auf dem Pulverbett abgelegt werden. Im Falle der Erzeugung elektrostatischer Kräfte muss das Material der Lage und/oder das Material des Trägerbauteils aus einem elektrischen Isolator gebildet sein, damit die Kontaktierung der Lage mit dem Trägerbauteil nicht zu einem Elektronenfluss und damit Abbau der elektrostatischen Kräfte führt. Eine Aufhebung der elektrostatischen Kräfte wird dann durch geeignete Zuführungen von Elektronen in die Paarung zwischen Lage und Trägerbauteil bewerkstelligt.

[0017] Außerdem kann vorteilhaft vorgesehen werden, dass das Trägerbauteil und/oder die Hilfsplatte beheizt wird, während diese sich mit der Lage in Kontakt befinden. Durch Beheizen der Partikel kann zum einen der Verdichtungsprozess unterstützt werden. Außerdem kann die Lage vor dem Ablegen auf dem Pulverbett vorgewärmt werden, was Vorteile hinsichtlich der Erzeugung des Bauteils mittels des Energiestrahls mit sich bringt. Mit dem Energiestrahls muss dann vorteilhaft nur noch eine geringere Leistung in die Lage eingebracht werden, damit diese aufgeschmolzen wird. Auch die Ausbildung von Eigenspannungen in dem herzustellenden Bauteil können auf diesem Wege vermindert werden.

[0018] Vorteilhaft ist es auch, wenn die Dichte und/oder die Temperatur und/oder Druckunterschiede in der Lage sensorisch erfasst werden, während diese sich an der Hilfsplatte und/oder an dem Trägerbauteil befindet. Die sensorische Erfassung erfolgt mittels geeigneter Sensoren, die an der Hilfsplatte und/oder an dem Trägerbauteil angebracht sind. Die Sensoren müssen jeweils in dem Einflussbereich der zu messenden Größe angebracht sein. Ein Temperatursensor muss in zumindest indirektem thermischem Kontakt mit der Hilfsplatte oder dem Trägerbauteil oder der Lage stehen. Druckunterschiede können ermittelt werden, indem Drucksensoren oberhalb und unterhalb der Lage angebracht sind. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass jeweils Drucksensoren in der Hilfsplatte und der Verdichterplatte oder in der Verdichterplatte und des Trägerbauteils oder in der Hilfsplatte und des Trägerbauteils vorgesehen sind, je nachdem welche der genannten Plattenpaarungen für eine Verdichtung der Lage zum Einsatz kommt. Eine Dichteuntersuchung kann ganz einfach durch Messen der Lagendicke und der Gewichtskraft oder Masse des mit der Lage beaufschlagten Trägerbauteils erfolgen. Aussagen hinsichtlich der Dicke der Lage lassen Rückschlüsse auf das zu erreichende Ergebnis des additiven Herstellungsverfahrens zu.

[0019] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Lage nach dem Ablegen auf dem Pulverbett verdichtet wird. Dies kann beispielsweise mittels des Trägerbauteils erfolgen, bevor diese entfernt wird. Alternativ kann die Verdichtung der Lage im Pulverbett auch durch eine Verdichterplatte durchgeführt werden. Eine nachträgliche Verdichtung auf dem Pulverbett ist beispielsweise dann von Vorteil, wenn die vorausgehende Verdichtung nicht zu der erforderlichen Dichte der Lage geführt hat. Eine andere Möglichkeit besteht darin, nach Aufsetzen der Lage auf das Pulverbett eventuelle mechanische Instabilitäten (Risse, Unebenheiten), die während der Handhabung der Lage aufgetreten sind, noch auszugleichen. Auch bei der Verdichtung der Lage auf dem Pulverbett kann ein Schwingungserreger, insbesondere ein Ultraschallgenerator zum Einsatz kommen, der an dem Trägerbauteil, an der Verdichterplatte oder in dem Pulverbett, z. B. an der das Pulverbett tragenden Bauplattform, angebracht ist.

[0020] Vorteilhaft kann zur Herstellung der Lage Pulver verwendet werden, bei dem die Partikeldurchmesser im Bereich von 2 Größenordnungen aufweisen. Hierbei handelt es sich um Pulversorten, die aufgrund der geringen Anforderungen an die Größenklassierung kostengünstig in der Beschaffung sind. Auch müssen keine (wie eingangs erwähnt) gasverdüsterten Pulver verwendet werden. Im Gegenteil, Pulverteilchen mit einer unregelmäßigeren Oberfläche lassen sich effizienter zu einer mechanisch stabilen Lage verarbeiten, da sich die Pulverteilchen untereinander besser verkrallen. Auch das Vorliegen von Pul-

verteilchen unterschiedlicher Größe unterstützt den Prozess einer mechanischen Stabilisierung der Lage durch Verdichten, da kleinere Pulverteilchen, die Zwischenräume zwischen den größeren Pulverteilchen ausfüllen und damit eine größere Oberfläche zur Herstellung von vorläufigen Verbindungen zwischen den einzelnen Pulverteilchen zur Verfügung stehen.

[0021] Weiterhin wird die angegebene Aufgabe durch die eingangs beschriebene Anlage zur Durchführung eines pulverbettbasierten additiven Fertigungsverfahrens gelöst, indem in der Prozesskammer als Dosiereinrichtung ein Trägerbauteil vorgesehen ist, auf dem die Lage erzeugbar und fixierbar ist und welches mit der Lage voran auf das Pulverbett absenkbar ist. Es ist besonders vorteilhaft, das Trägerbauteil zusammen mit dem Pulverbett in ein und derselben Prozesskammer zu betreiben, da diese einen zuverlässigen Abschluss zur Umwelt gewährleistet. Dies verhindert Verluste bei der Handhabung des Pulvers sowie das Entweichen von Prozessgas, mit dem die Prozesskammer befüllt ist.

[0022] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Anlage ist vorgesehen, dass außerdem eine Hilfsplatte zur vorläufigen Erzeugung der Lage und anschließenden Übertragung der Lage auf das Trägerbauteil und/oder eine Verdichterplatte zur Verdichtung der Lage vorgesehen ist. Wie das Trägerbauteil, die Verdichterplatte und die Hilfsplatte zum Einsatz gebracht werden können, ist vorstehend bei der Erläuterung des Verfahrens bereits ausführlich erklärt worden.

[0023] Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Trägerbauteil und/oder die Hilfsplatte und/oder die Verdichterplatte mit einer die Haftung des Pulvers vermindernenden Schicht beschichtet ist (je nachdem welche dieser Bauteile zum Einsatz kommen). Bei der Hilfsplatte und der Verdichterplatte sind die Vorteile des Einsatzes einer haftungsvermindernden Schicht offenkundig. Die Lage soll an diesen Bauteilen möglichst wenig haften, da diese Bauteile nach Erfüllung ihres Einsatzzweckes wieder von der Lage entfernt werden sollen. Die haftungsvermindernde Schicht auf dem Trägerbauteil ist dann von Vorteil, wenn die Haltekräfte in genügender Weise bereits durch einen anderen Mechanismus (Vakuum, elektrostatische Kräfte, magnetische Kräfte) erzeugt werden. In diesem Falle ist es interessant, wenn sich das Trägerbauteil nach Abstellen dieser Haltekräfte möglichst leicht entfernen lässt. Hierdurch wird vorteilhaft auch die Oberfläche der Lage möglichst wenig beschädigt. Sollten allerdings die Haltekräfte aufgrund der Adhäsion von Pulverteilchen an des Trägerbauteils notwendig sein, damit die Lage zuverlässig transportiert werden kann, muss auf eine haftungsvermindernde Beschichtung des Trägerbauteils verzichtet werden.

[0024] Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nur insoweit mehrfach erläutert, wie sich Unterschiede zwischen den einzelnen Figuren ergeben. Es zeigen:

[0025] Fig. 1 und Fig. 2 Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Anlage zur Durchführung des additiven Fertigungsverfahrens jeweils im schematischen Schnitt,

[0026] Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel für ein Trägerbauteil, wie dieses in der Anlage gemäß Fig. 1 und Fig. 2 zum Einsatz kommen kann und

[0027] Fig. 4 bis Fig. 10 ausgewählte Fertigungsschritte zweier Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Fertigungsverfahrens, wie dieses mit den Anlagen gemäß Fig. 1 und Fig. 2 durchgeführt werden kann.

[0028] Eine Anlage zum Durchführen eines Laserschmelzens als pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren weist eine Prozesskammer **11** auf, die ein Fenster **12** besitzt. Durch dieses Fenster kann ein Laserstrahl **13** über einen Umlenkspiegel **14** in die Prozesskammer **11** eingeleitet werden, wobei der Laserstrahl **13** durch eine Laserquelle **15** erzeugt wird. In der Prozesskammer **11** ist ein Pulverbett **16** vorgesehen, welches auf einer Bauplattform **17** ausgebildet wird. Mit Hilfe eines Aktors **18a** kann die Bauplattform **17** schrittweise abgesenkt werden, damit das Pulverbett lagenweise ausgebildet werden kann. Mit Hilfe des Laserstrahls **13** wird in dem Pulverbett ein Bauteil **19** durch selektives Aufschmelzen der aktuellen Lage des Pulverbetts **16** erzeugt.

[0029] Als Dosiervorrichtung für neue Lagen **20** von Pulver ist ein Trägerbauteil **21** für die aktuell herzustellende Lage **20** vorgesehen. Dieses Trägerbauteil kann mittels eines Aktors **18b** auf ein Vorratspulverbett **22** abgesenkt werden, um aus dem dort vorhandenen Pulvorrat eine vollständige Lage **20** des Pulvers aufzunehmen. Während dieses Vorgangs kann über einen Aktor **18c** eine Basisplatte **23** angehoben werden, die einen Anpressdruck des Vorratspulverbettes **22** an das Trägerbauteil **21** gewährleistet. Mittels des Aktors **18b** kann das Trägerbauteil **21** anschließend von dem Vorratspulverbett **22** abgehoben und mittels eines Linearantriebs **24a** in der Prozesskammer horizontal verfahren werden.

[0030] Durch horizontales Verfahren kann das Trägerbauteil **21** auch auf eine Verdichterplatte **25** abgesenkt werden, welche ihrerseits ebenfalls über einen Aktor **18d** angehoben werden kann (der Aktor **18d** ist optional, da die Relativbewegung auch durch eine Absenkung des Trägerbauteils **21** bewerkstelligt

werden kann). Die Verdichterplatte **25** wirkt wie ein Stempel und kann zur Verdichtung der Lage **20** verwendet werden.

[0031] Weiterhin kann das Trägerbauteil **21** über das Pulverbett **16** gebracht und dort abgesenkt werden. Dies erlaubt ein Ablegen der Lage **20** auf dem Pulverbett **16**, welche anschließend mittels des Laserstrahls **13** selektiv unter Ausbildung einer weiteren Lage des Bauteils **19** aufgeschmolzen werden kann. Um den Verdichtungsprozess zu unterstützen, sind an der Verdichterplatte **25** und an dem Trägerbauteil **21** Schwingungsgeneratoren **26** angebracht, die beispielsweise Ultraschall erzeugen können.

[0032] Die Anlage gemäß **Fig. 2** ist ähnlich aufgebaut wie die in **Fig. 1**. Ein Unterschied ergibt sich dadurch, dass die Verdichterplatte **25** ähnlich wie das Trägerbauteil **21** mit dem Aktor **18d** von oben abgesenkt werden kann. Zu diesem Zweck ist ein weiterer Linearantrieb **24b** vorgesehen, damit die Verdichterplatte **25** über das Pulverbett **16** oder über eine Hilfsplatte **27** bewegt werden kann. Damit das Trägerbauteil **21** und die Verdichterplatte **25** sich nicht behindern, sind in der Prozesskammer für beide Baueinheiten Parkpositionen **28** vorgesehen, die durch eine Strichpunktlinie angedeutet sind.

[0033] Die Hilfsplatte **27** gemäß **Fig. 2** erfüllt folgenden Zweck. Auf dieser kann mittels einer konventionellen Dosiereinheit **29** für Pulver die Schicht **20** aufgetragen werden, so, als ob die Hilfsplatte das Pulverbett einer konventionellen Anlage darstellen würde. Dies hat den Vorteil, dass die Hilfsplatte immer einen völlig ebenen Untergrund zur Verfügung stellt, so dass auch das konventionelle Dosierverfahren zu hervorragenden Ergebnissen bei der Bildung der Schicht **20** führt. Die Dosiereinrichtung **29** wird mittels eines Aktors **18e** über die Hilfsplatte gefahren, wobei aus einem Vorratsbehälter **30** Pulver auf die Hilfsplatte **27** rieselt, welches mit einer Rake **31** mit einer ebenen Oberfläche versehen wird. Eventuelle Oberflächenfehler der Lage **20** werden spätestens durch Aufsetzen des Trägerbauteils **21** auf die Lage **20** ausgeglichen.

[0034] Der Aufbau des Trägerbauteils **21** lässt sich **Fig. 3** entnehmen. Dieses weist ein nach unten offenes Gehäusebauteil **32** auf, in das eine Platte **33** für die Aufnahme der Schicht **20** eingelassen ist. Hierdurch entsteht ein Hohlraum **34** oberhalb der Platte **33**. Die Platte **33** ist, wie der Ausschnitt **35** zeigt, mit Poren **36** durchsetzt, die ein zusammenhängendes Kanalsystem in der Platte **36** ausbilden. Mittels einer Vakuumpumpe **37** kann der Hohlraum **34** evakuiert werden, wodurch über das offene Kanalsystem der Poren **36** ein Unterdruck erzeugbar ist, der die Lage **21** an die Platte **35** bindet.

[0035] Alternativ könnte bei einem magnetischen Pulver über eine Spule **38** und einen Kern **39** ein Magnetfeld aufgebaut werden, welches zu magnetische Haltekräfte für die Lage **20** erzeugt. Nicht dargestellt ist weiterhin die Möglichkeit, die Platte **33** elektrostatisch aufzuladen, so dass die Lage **20** aufgrund elektrostatischer Kräfte an die Platte **33** gebunden wird. Nicht zuletzt kann auch ein Anpressdruck, der durch die Verdichterplatte **25** ausgeübt wird, zu einer Adhäsion der Partikel der Lage **20** untereinander und an der Platte **33** führen, wodurch Haltekräfte für die Lage **20** an der Platte **33** erzeugt werden. Der Verdichtungsprozess kann durch die Schwingungsgeneratoren **26** unterstützt werden.

[0036] Weiterhin ist dargestellt, dass in die Verdichterplatte **25** und das Trägerbauteil **21** Sensoren integriert werden können. Beispielsweise kann über Drucksensoren **40** ein Druckunterschied aufgrund des Vakuums im Hohlraum **34** im Vergleich zur Außenwelt ermittelt werden, um die Haltekraft aufgrund des Vakuums zu beurteilen. Falls eine Vorheizung der Lage **20** mittels einer Heizeinrichtung **41** erfolgen soll, kann über Temperatursensoren **42** eine Temperatur der Lage **20** ermittelt werden. In vergleichbarer Weise kann eine Heizeinrichtung auch in der Platte **33** vorgesehen werden (nicht dargestellt). Die Sensoren, Heizeinrichtungen und Schwingungsgeneratoren, wie in **Fig. 3** dargestellt, können in vergleichbarer Weise auch in die Hilfsplatte **27** eingefügt werden.

[0037] Den Verfahrensablauf für die Herstellung von Lagen **20** auf dem Pulverbett **16** lässt sich den **Fig. 4** bis **Fig. 10** entnehmen. Gemäß **Fig. 4** kann eine Lage beispielsweise durch Aufsetzen des Trägerbauteils **21** auf das Vorratspulverbett **22** erzeugt werden. Von diesem wird mittels des Trägerbauteils **21** eine Lage **20** abgenommen, wie sich **Fig. 5** entnehmen lässt. Diese Lage kann mit der Verdichterplatte **25** gemäß **Fig. 5** verdichtet werden, wobei der Verdichtungsprozess mit den zu **Fig. 3** beschriebenen mechanischen Einrichtungen unterstützt werden kann (beispielsweise durch Generierung von Ultraschall). Gemäß **Fig. 6** ist dargestellt, wie die Lage **20** auf dem Pulverbett **16** abgesetzt werden kann, indem das Bauteil **19** generativ hergestellt werden soll. Das Absetzen der Lage **20** kann beispielsweise durch die zu **Fig. 3** beschriebenen Schallgeneratoren **26**, die in **Fig. 6** nicht dargestellt sind, unterstützt werden. Alternativ kann durch Abschalten der Spule **38** gemäß **Fig. 3** ein magnetisches Feld abgeschaltet werden, damit die Fixierung der Lage **20** am Trägerbauteil **21** aufgehoben wird.

[0038] **Fig. 7** lässt sich entnehmen, dass die Lage **20**, die gemäß **Fig. 7** bereits Teil des Pulverbettes **16** geworden ist und daher nicht mehr gesondert erkennbar ist, mit der Verdichterplatte **25** von oben verdichtet werden kann.

[0039] In **Fig. 8** ist dargestellt, wie die Lage **20** mit der Hilfsplatte **27** hergestellt werden kann. Auf dieser wird mit der Dosiereinrichtung **29** Pulver auf der Hilfsplatte **27** abgelegt. Gemäß **Fig. 9** wird dieses Pulver anschließend mittels der Verdichterplatte **25** verfestigt, wobei hierbei die zu **Fig. 3** beschriebenen Hilfsmittel zum Einsatz kommen können, die in **Fig. 9** nicht näher dargestellt sind. Die verdichtete Lage **20** kann anschließend mit Hilfe des Trägerbauteils **21** von der Hilfsplatte **27** abgehoben werden. Auch hier können die Hilfsmittel gemäß **Fig. 3** zum Einsatz kommen, die in **Fig. 10** nicht näher dargestellt sind.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2003/0074096 A1 [0002]
- US 2002/0145213 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren, bei dem wiederholt

- eine Lage (20) eines Pulvers auf ein Pulverbett (16) aufgetragen wird,
- mit einem Energiestrahle (13) das Pulver selektiv bei gleichzeitiger Ausbildung einer Lage (20) eines herzustellenden Bauteils (19) aufgeschmolzen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Auftragen der Lage (20) auf das Pulverbett
- die aufzutragende Lage (20) außerhalb des Pulverbettes (16) ausgebildet und verfestigt wird,
- die ausgebildete Lage (20) temporär an einem Trägerbauteil (21) gehalten wird,
- die ausgebildete Lage (20) mit dem Trägerbauteil (21) auf dem Pulverbett (16) abgelegt wird und
- die temporäre Bindung zwischen der Lage (20) und dem Trägerbauteil (21) gelöst wird.

2. Fertigungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Ausbildung der Lage (20) eine Hilfsplatte (27) zur Verfügung gestellt wird und die Lage (20) anschließend mit dem Trägerbauteil (21) von der Hilfsplatte (27) abgenommen wird.

3. Fertigungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausbildung der Lage (20) mit dem Trägerbauteil (21) erfolgt, indem die Lage (20) als Ganzes durch Aufnehmen von Pulver aus einem Vorratspulverbett (22) hergestellt wird.

4. Fertigungsverfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pulver auf der Hilfsplatte (27) oder dem Trägerbauteil (21) nach dem Ausbilden der Lage (20) mit einer Verdichterplatte (25) verdichtet wird, indem diese auf die Lage (20) gedrückt wird.

5. Fertigungsverfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pulver auf der Hilfsplatte (27) nach dem Ausbilden der Lage (20) mit dem Trägerbauteil (21) verdichtet wird, indem dieses auf die Lage abgesenkt wird.

6. Fertigungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägerbauteil (21) und/oder die Hilfsplatte (27) und/oder die Verdichterplatte (25) zur Unterstützung der Verdichtung des Pulvers mit mechanischen Schwingungen, insbesondere im Ultraschallbereich, beaufschlagt wird/werden.

7. Fertigungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägerbauteil (21) ein zu ihrer Oberfläche hin offenes Kanalsystem (36) aufweist, und die Lage (20) mit Hilfe eines Vakuums an dem Trägerbauteil (21) gehalten wird.

8. Fertigungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lage (20) mit Hilfe magnetischer oder elektrostatischer Kräfte an dem Trägerbauteil (21) gehalten wird.

9. Fertigungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägerbauteil (21) und/oder die Hilfsplatte (27) beheizt wird, während diese sich mit der Lage (20) in Kontakt befinden.

10. Fertigungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dichte und/oder die Temperatur und/oder Druckunterschiede in der Lage (20) sensorisch erfasst werden, während diese sich an der Hilfsplatte (27) und/oder an dem Trägerbauteil (21) und/oder an der Verdichterplatte (25) befindet.

11. Fertigungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lage (20) nach dem Ablegen auf dem Pulverbett (16) verdichtet wird.

12. Fertigungsverfahren nach Anspruch 4 oder 11 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdichtung der Lage (20) im Pulverbett (16) mit einer Verdichterplatte (25) erfolgt.

13. Fertigungsverfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Herstellung der Lage Pulver verwendet wird, bei dem die Partikel Partikeldurchmesser im Bereich von zwei Größenordnungen aufweisen.

14. Anlage zur Durchführung eines pulverbettbasierten additiven Fertigungsverfahrens, aufweisend eine Prozesskammer (11)

- in der auf einer Bauplattform (17) ein Pulverbett (16) erzeugbar ist und
- in der sich eine Dosiereinrichtung befindet, mit der eine Lage (20) auf einem auf der Bauplattform befindlichen Pulverbett erzeugbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Prozesskammer (11) als Dosiereinrichtung ein Trägerbauteil (21) vorgesehen ist,
- auf dem die Lage (20) erzeugbar und fixierbar ist,
- welches mit der Lage (20) voran auf das Pulverbett absenkbar ist.

15. Anlage nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass außerdem

- eine Hilfsplatte (27) zur vorläufigen Erzeugung der Lage (20) und anschließenden Übertragung der Lage (20) auf das Trägerbauteil (21) und/oder
- eine Verdichterplatte (25) zur Verdichtung der Lage (20) vorgesehen ist.

16. Anlage nach einem der Ansprüche 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägerbauteil (**21**) und/oder die Hilfsplatte (**27**) und/oder die Verdichterplatte (**25**) mit einer die Haftung des Pulvers vermindernenden Schicht (**43**) beschichtet ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

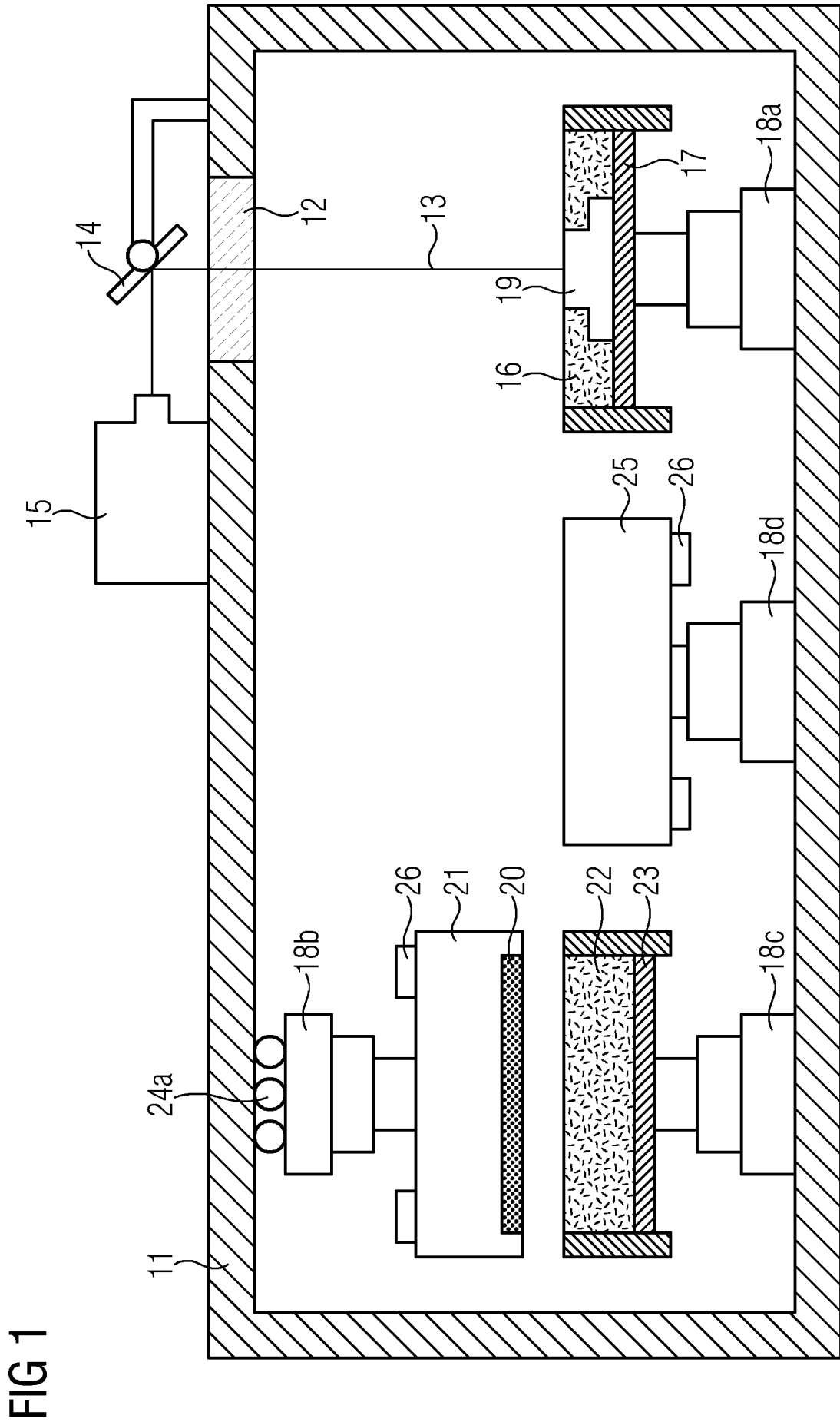


FIG 1

FIG 2

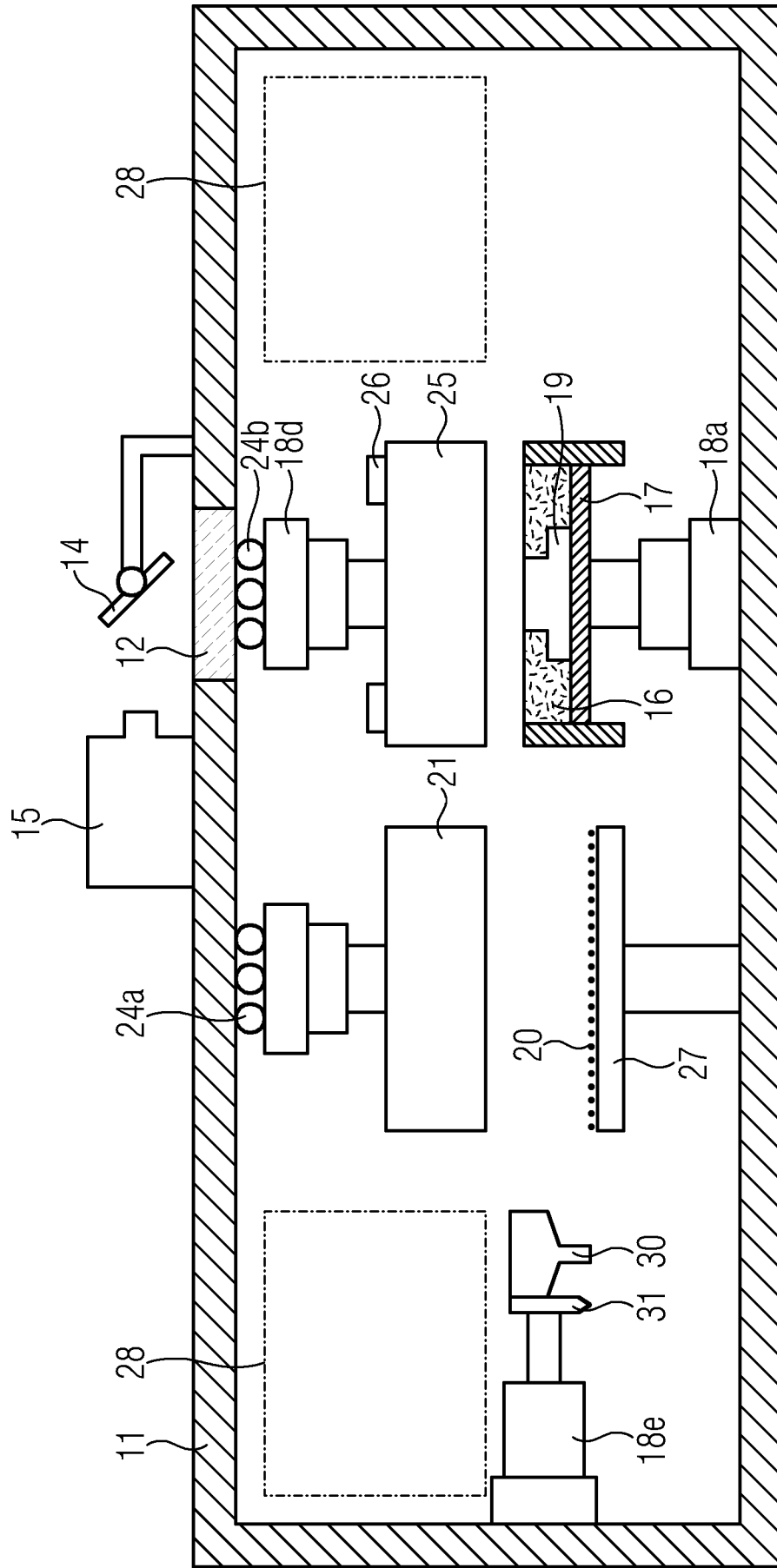


FIG 3

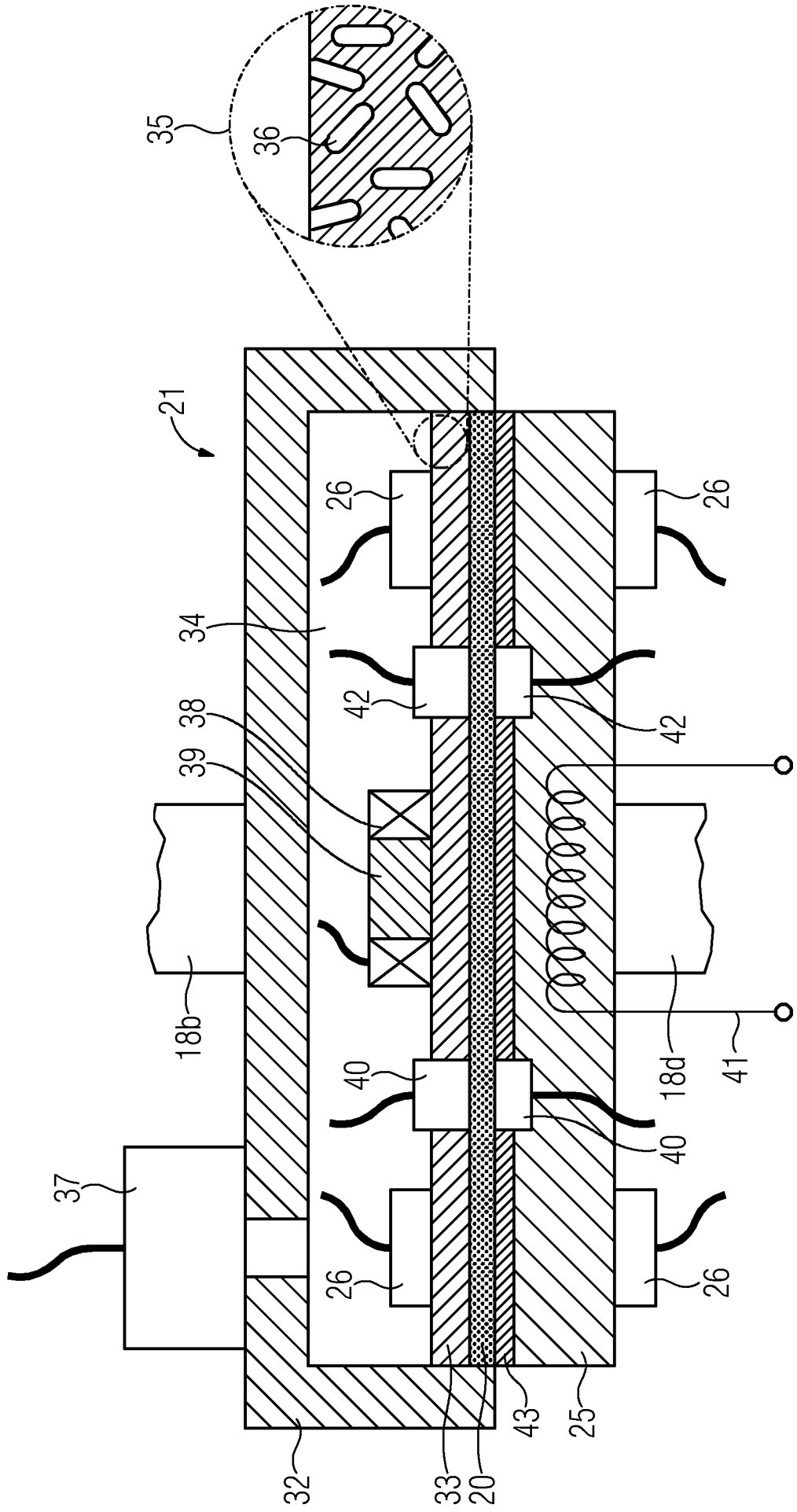


FIG 4

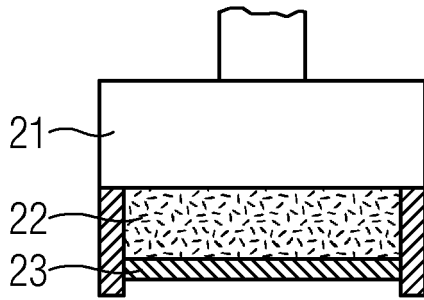


FIG 5

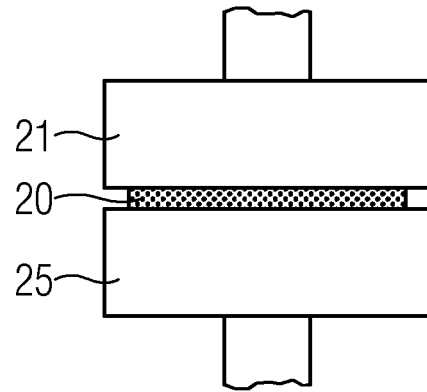


FIG 6

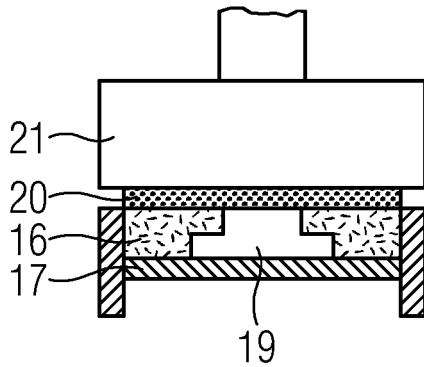


FIG 7

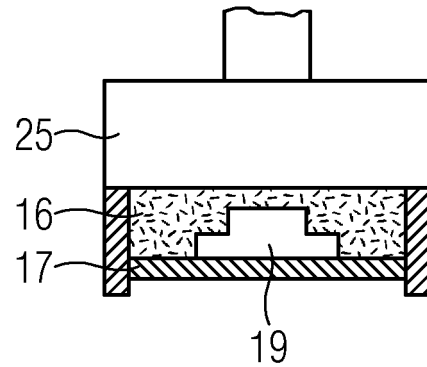


FIG 8

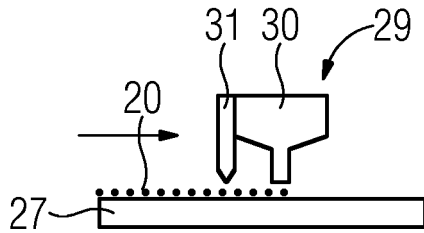


FIG 9

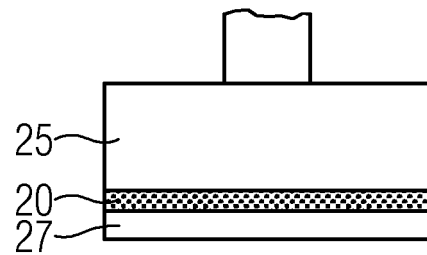


FIG 10

