



(10) **DE 10 2017 210 718 A1** 2018.12.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 210 718.9**  
(22) Anmeldetag: **26.06.2017**  
(43) Offenlegungstag: **27.12.2018**

(51) Int Cl.: **B22F 3/105** (2006.01)  
**B33Y 30/00** (2015.01)  
**B33Y 80/00** (2015.01)  
**C04B 35/622** (2006.01)

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

(72) Erfinder:  
**Ott, Michael, 45470 Mülheim, DE; Rule, David,  
10115 Berlin, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

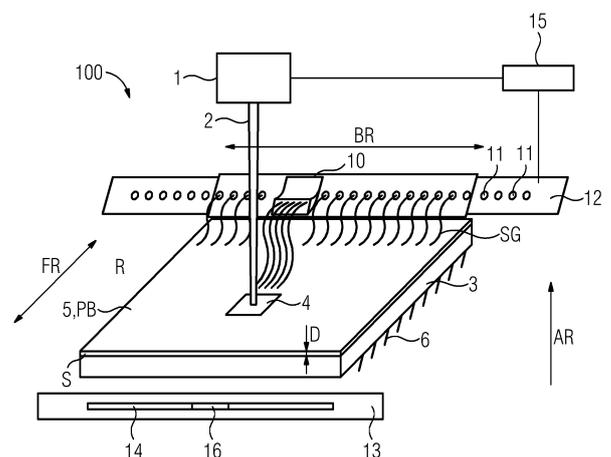
<b>DE</b>	<b>10 2014 209 161</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>2 601 006</b>	<b>B1</b>
<b>WO</b>	<b>2014/ 199 150</b>	<b>A1</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Absaugvorrichtung für die additive Fertigung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Vorrichtung (100) zum Führen eines Schutzgases (SG) über ein Pulverbett (PB) für die additive Herstellung angegeben. Die Vorrichtung umfasst einen Gaseinlass (14) zum Einbringen des Schutzgases (SG) auf das Pulverbett (PB) und einen stationären Gasauslass (12) zum Entfernen des Schutzgases (SG), wobei die Vorrichtung (100) weiterhin ausgebildet ist, das Schutzgas (SG) laminar über das Pulverbett (PB) zu führen, und wobei die Vorrichtung (100) weiterhin zum Absaugen des Schutzgases aus einem Bauraum (BR) während der additiven Herstellung eines Bauteils (3) eine parallel zu einer Pulverbettebene beweglich eingerichtete Auslassöffnung (10) aufweist. Weiterhin wird ein Verfahren zum Führen einer Schutzgasströmung angegeben.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Führen eines Schutzgases über ein Pulverbett für die additive Herstellung eines Bauteils bzw. zum entsprechenden Absaugen des Schutzgases aus einem Bauraum. Weiterhin wird ein Verfahren zum Führen einer Schutzgasströmung angegeben.

**[0002]** Das Bauteil ist vorzugsweise für den Einsatz in einer Strömungsmaschine, vorzugsweise im Heißgaspfad einer Gasturbine vorgesehen. Das Bauteil besteht vorzugsweise aus einer Nickelbasis- oder Superlegierung, insbesondere einer nickel- oder kobaltbasierten Superlegierung. Die Legierung kann ausscheidungsgehärtet oder ausscheidungshärtbar sein.

**[0003]** Generative oder additive Herstellungsverfahren umfassen beispielsweise als Pulverbettverfahren das selektive Laserschmelzen (SLM) oder Lasersintern (SLS), oder das Elektronenstrahlschmelzen (EBM).

**[0004]** Ein Verfahren zum selektiven Laserschmelzen ist beispielsweise bekannt aus EP 2 601 006 B1.

**[0005]** Additive Fertigungsverfahren (englisch: „additive manufacturing“) haben sich als besonders vorteilhaft für komplexe oder kompliziert oder filigran designte Bauteile, beispielsweise labyrinthartige Strukturen, Kühlstrukturen und/oder Leichtbau-Strukturen erwiesen. Insbesondere ist die additive Fertigung durch eine besonders kurze Kette von Prozessschritten vorteilhaft, da ein Herstellungs- oder Fertigungsschritt eines Bauteils direkt auf Basis einer entsprechenden CAD-Datei erfolgen kann.

**[0006]** Weiterhin ist die additive Fertigung besonders vorteilhaft für die Entwicklung oder Herstellung von Prototypen, welche beispielsweise aus Kostengründen mittels konventioneller subtraktiver oder spanender Verfahren oder Gusstechnologie nicht oder nicht effizient hergestellt werden können.

**[0007]** Die metallurgische Qualität eines mittels SLM hergestellten Produktes hängt entscheidend davon ab, wie gut unter anderem beim Schweißen entstehende Produkte aus dem Bereich des Schmelzbades abtransportiert werden können. Besonders wichtig ist, insbesondere Schweißspritzer und Schmauch aus dem Schmelzbad und/oder aus dem entsprechenden Bereich des Pulverbettes zu entfernen. Dazu haben Anlagenhersteller eine laminare Gasströmung (Schutzgasströmung) über dem Pulverbett beziehungsweise über der Herstellungsoberfläche im Bauraum der Anlage vorgesehen.

**[0008]** Die Gasströmung erlaubt weiterhin, Sauerstoff aus einer Gasumgebung vom Schmelzbad fernzuhalten und somit eine Oxidation oder Korrosion der Bauteile weitgehend zu verhindern.

**[0009]** Trotz Schutzgasströmung kann es, je nach Position auf der Bauplatzform, zu starker Verschmutzung des Bauteils durch Schmauch kommen. Diese wird umso kritischer, je größer die gewählte Schichtdicke der aufzutragenden Pulverschichten ist, da, bei zunehmender Schichtdicke auch eine höhere Laserenergie benötigt wird, und somit vermehrt Schweißspritzer und Schmauch entstehen können.

**[0010]** Die genannte Gasströmung wird vorzugsweise laminar ausgestaltet, wobei ein Gaseinlass und/oder ein Gasauslass, sei es mit einer zusammenhängenden oder einer Vielzahl von in Reihe angeordneten Gasöffnungen, leistenartig ausgestaltet sein kann.

**[0011]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel anzugeben, welche eine verbesserte Schmauch- und/oder Gasabführung oder Absaugung ermöglichen. Der Bedarf einer verbesserten Schmauchabführung besteht insbesondere, da ein Trend hin zu größeren Schichtdicken zur Erhöhung der Prozesseffizienz in der pulverbett-basierten additiven Fertigung erkennbar ist. Durch die vorliegende Lösung kann neben einer erhöhten Absaugleistung vorteilhafterweise auch eine an individuelle Bestrahlungsbedingungen angepasste Schutzgasströmung ausgebildet werden.

**[0012]** Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

**[0013]** Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Führen eines Schutzgases über ein Pulverbett bzw. Absaugen aus einem Bauraum während der additiven Fertigung eines Bauteils. Die Vorrichtung umfasst zweckmäßigerweise einen Gaseinlass zum Einbringen des Schutzgases auf das Pulverbett und einen stationären Gasauslass zum Entfernen des Schutzgases, beispielsweise aus dem Bauraum.

**[0014]** Die Vorrichtung ist weiterhin vorzugsweise ausgebildet, das Schutzgas laminar über das Pulverbett zu führen, wobei die Vorrichtung zum Absaugen des Schutzgases aus dem Bauraum während der additiven Herstellung des Bauteils eine parallel zu einer Pulverbettebene beweglich eingerichtete und/oder ansteuerbare Auslassöffnung aufweist.

**[0015]** Der Begriff „Schmauch“ kann vorliegend Schmelz- oder Verbrennungsprodukte, Schweißspritzer oder sonstige, die metallurgische Qualität der

herzustellenden Bauteile beeinflussende Stoffe, bezeichnen. Ein abgesaugtes oder aus dem Bauraum entferntes und den Schmauch enthaltendes Schutzgas kann ein Aerosol darstellen.

**[0016]** Die beschriebene Vorrichtung bietet, wie oben angedeutet, den Vorteil, eine Abführung laminaren Schutzgases in der additiven Fertigung vorteilhafterweise über die gesamten Bauraum oder das ganze Pulverbett hinweg sicherzustellen und/oder gleichzeitig die Absaugung an die Bestrahlungsbedingungen, beispielsweise die Laserleistung anzupassen. Mit anderen Worten kann eine intelligente oder angepasste Schmauchabführung, insbesondere für große Pulverschichtdicken beim SLM- oder EBM-Verfahren bereitgestellt werden.

**[0017]** In einer Ausgestaltung kann die bewegliche Auslassöffnung über eine Steuerung relativ zu dem Pulverbett, und vorzugsweise parallel zu diesem, d.h. in XY-Richtung, bewegt werden.

**[0018]** In einer Ausgestaltung ist eine Bewegung der Auslassöffnung senkrecht zu einer Führungsrichtung oder Strömungsrichtung des Schutzgases während der additiven Herstellung mit einer Bewegung eines Energiestrahls zum Verfestigen von Pulver während der additiven Herstellung gekoppelt, bzw. mit dieser synchronisiert. Durch diese Ausgestaltung kann eine Schutzgasabführung während des Herstellungsprozesses besonders zweckmäßig an den durch die Verfestigung mittels des Energiestrahls entstehenden Schmauchs angepasst werden.

**[0019]** In einer Ausgestaltung ist weiterhin eine Saugleistung zum Absaugen des Schutzgases durch die (bewegliche) Auslassöffnung an eine Schichtdicke der entsprechenden Pulverschicht für die oder während der additiven Herstellung des Bauteils eingestellt oder angepasst. Mit zunehmender Schichtdicke kann beispielsweise auch die Saugleistung der Vorrichtung, also beispielsweise den pro Längen- oder Flächeneinheit abgesaugten Volumenstrom, erhöht werden, wobei jedoch vorzugsweise Laminarität der Strömung bewahrt wird.

**[0020]** In einer Ausgestaltung ist der stationäre Gasauslass Teil einer Absaugleiste. Die Leiste kann dabei eine streifenartige Auslassöffnung oder eine Mehrzahl von reihenweise angeordneten einzelnen Auslassöffnungen oder Schlitzen umfassen.

**[0021]** In einer Ausgestaltung ist die bewegliche Auslassöffnung in die Absaugleiste integriert.

**[0022]** In einer Ausgestaltung ist eine Durchflussrate, d.h. beispielsweise ein Volumenstrom, des durch die bewegliche Auslassöffnung während der additiven Herstellung abzusaugenden Schutzgases, beispielsweise über die Länge der Auslassöffnung be-

trachtet, größer als eine Durchflussrate des entsprechend durch den stationären Gasauslass zu entfernenden Schutzgases. Durch diese Ausgestaltung kann besonders einfach lokal, das heißt vorzugsweise an der lateralen Position des Pulverbettes, welche aktuell von dem Laser- oder dem Energiestrahл exponiert wird, eine intelligente und/oder angepasste Schmauchabführung gewährleistet werden.

**[0023]** In einer Ausgestaltung weist die Vorrichtung eine bewegliche Einlassdüse auf, welche über eine Steuerung an die Bewegung der Auslassöffnung und/oder an die Bewegung des Energiestrahls gekoppelt bzw. mit dieser synchronisiert ist.

**[0024]** In einer Ausgestaltung stellt die Vorrichtung einen Aufrüstsatz für Fertigungsanlagen zur additiven Herstellung von Bauteilen dar.

**[0025]** Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Führen einer Schutzgasströmung über das Pulverbett derart, dass sich das Schutzgas während der additiven Herstellung laminar über das Pulverbett bewegt und das Pulverbett, beispielsweise umfassend ein Schmelzbad, vor schädlichen Einflüssen, beispielsweise Korrosion, Oxidation oder mechanischen Einflüssen durch das Aufschweißen, wie Schweißspritzer, schützt, wobei ein Volumen- oder Massenstrom der Schutzgasströmung lokal in Bereichen, in denen das Pulverbett mit einem Energiestrahл exponiert wird, an eine Bestrahlungsleistung angepasst wird.

**[0026]** Die Bestrahlungsleistung ist vorliegend vorzugsweise abhängig, beispielweise proportional abhängig, von der Schichtdicke, da dickere aufzuschmelzende Schichten zur Verfestigung mehr Energie erfordern.

**[0027]** Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren beschrieben.

**[0028]** Fig. 1 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**[0029]** In den Ausführungsbeispielen und in der Figur können gleiche oder gleich wirkende Elemente jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind grundsätzlich nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne Elemente, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben dick oder groß dimensioniert dargestellt sein.

**[0030]** Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 100 zum Führen oder Absaugen eines Schutzgases SG in der additiven Herstellung. Teile der Darstellung der Fig. 1 sind ggf. nicht explizit Teil der Vorrichtung 100. Es ist in Fig. 1 insbesondere ein Bauteil 3 gezeigt, über wel-

chem eine Schicht S zur Verfestigung von weiterem Bauteilmaterial angeordnet ist. Eine solche Beschichtung erfolgt üblicherweise mittels eines Beschichters (nicht explizit gekennzeichnet). Gemäß seiner vorbestimmten Geometrie wird die Pulverschicht bzw. ein Pulverbett PB, welches aus einem Pulver **5** besteht, an den entsprechenden Positionen mit einem Energiestrah **2** bestrahlt. Der Energiestrah **2** kann einen Laser- oder Elektronenstrahl bezeichnen und, beispielsweise mittels eines Scanners **1** bzw. einer entsprechenden Optik, über das Pulverbett PB geführt oder gerastert werden. Bei der Bestrahlung entsteht lokal, d.h. dort wo der fokussierte Energiestrah **2** das Pulverbett PB trifft, durch den Energieeintrag ein Schmelzbad **4**. Bei diesem Schmelz- und/oder Schweißvorgang können weiterhin Schmauch, Schweißspritzer oder sonstige ungewünschte Effekte auftreten.

**[0031]** Das Bauteil **3** wird vorzugsweise auf einer Bauplatzform **6** angeordnet bzw. während der Herstellung des Bauteils schlüssig mit dieser „verschweißt“ oder verbunden.

**[0032]** Bei dem Verfahren kann es sich beispielsweise um selektives Laserschmelzen oder Elektronenstrahlschmelzen handeln. Insbesondere entsteht aufgrund der hohen beteiligten Laser- oder Elektronenstrahlleistungen, welche nötig sind, um das Material lokal aufzuschmelzen und wie beschrieben zu verschweißen, Schmauch oder Schweißspritzer, welche beispielsweise durch eine laminare Schutzgasströmung aus dem Bereich des Pulverbettes entfernt werden müssen. Die (laminare) Schutzgasströmung ist vorliegend durch die gewellten Muster im oberen Bereich der **Fig. 1** angedeutet.

**[0033]** Das Schutzgas SG wird vorzugsweise entlang einer Führungsrichtung FR über das Pulverbett geführt. Oberhalb des Pulverbettes ist ein Bauraum R für das Bauteil angeordnet.

**[0034]** Die Vorrichtung **100** weist eine Einlassleiste **13** zum Einlassen von Schutzgas SG in den Bauraum R auf. Die Einlassleiste **13** umfasst einen Gaseinlass, welcher sich vorzugsweise über zumindest eine Kante des Bauteils und/oder des Pulverbettes erstreckt. Anders als dargestellt, kann der Gaseinlass - statt einer länglichen - eine Vielzahl von runden oder punktförmigen Einlassöffnungen aufweisen.

**[0035]** Die Vorrichtung **100** weist weiterhin eine Absaugleiste oder stationären Gasauslass **12** zum Absaugen des den Schmauch oder die Verunreinigungen enthaltenden Schutzgases auf. Der stationäre Gasauslass weist eine Vielzahl einzelner Auslassöffnungen **11** auf. Diese Auslassöffnungen **11** sind parallel zu dem Pulverbett PB und etwas oberhalb von diesem reihenartig angeordnet.

**[0036]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, dass die Vorrichtung eine bewegliche Auslassöffnung **10** aufweist. Vorliegend ist die bewegliche Auslassöffnung **10** zweckmäßigerweise in den beschriebenen stationären Gasauslass integriert und entlang einer Bewegungsrichtung BR beweglich eingerichtet. Bei der Bewegung der beweglichen Auslassöffnung **10** entlang der Bewegungsrichtung wird, beispielsweise durch eine entsprechende Klappenausführung, lokal ein Abschnitt der Absaugleiste bzw. der Auslassöffnungen **11** entsprechend der Länge der beweglichen Auslassöffnung **10** ersetzt, sodass lokal auch ein entsprechend erhöhter Durchsatz oder Absaugeffekt erzielt werden kann.

**[0037]** Die Bewegungsrichtung ist vorzugsweise senkrecht zu der Führungsrichtung FR ausgerichtet.

**[0038]** Die Bewegungsrichtung BR und die Führungsrichtung FR können beide laterale Richtungen, beispielsweise die XY-Richtung bezeichnen, also beispielsweise Richtungen senkrecht zu einer Aufbaurichtung AR für das Bauteil **3**.

**[0039]** Vorliegend ist die Bewegung der Auslassöffnung BR während der additiven Herstellung des Bauteils **3** mit einer Bewegung des Energiestrahls **2** zur Pulververfestigung gekoppelt bzw. synchronisiert.

**[0040]** Die bewegliche Auslassöffnung **10** ist vorzugsweise derart in den stationären Gasauslass **12** integriert, dass durch diese lokal eine erhöhte Gasabsaugung erfolgen kann, wie durch die länger gezeichneten Wellen des Schutzgases auf der Höhe des Laserstrahls **2** in **Fig. 1** angedeutet. Dadurch können die erfinderischen Vorteile umgesetzt werden. Mit anderen Worten kann die bewegliche Auslassöffnung **10** entlang der Bewegungsrichtung exakt simultan zu der Bewegungskomponente des Lasers entlang der Bewegungsrichtung BR geführt werden. Alternativ kann entsprechend der Geometrie oder Kontur des Bauteils, welche eine Ablenkung der Schutzgasströmung bewirken könnte, eine entsprechende Nachführung oder ein entsprechender Vorlauf der Bewegung der beweglichen Auslassöffnung **10** relativ zu dem Laserstrahl **2** (oder umgekehrt) implementiert werden.

**[0041]** Eine Durchflussrate des durch die bewegliche Auslassöffnung **10** während der additiven Herstellung abzusaugenden Schutzgases SG kann - über eine Länge der beweglichen Auslassöffnung **10** betrachtet entlang der Bewegungsrichtung BR betrachtet - größer sein als eine Durchflussrate des entsprechend durch den stationären Gasauslass zu entfernenden Schutzgases SG.

**[0042]** Weiterhin kann vorliegend eine Saugleistung zum Absaugen des Schutzgases SG durch die Auslassöffnung **1** an eine Schichtdicke D einer Pul-

verschicht **S** angepasst und/oder eingestellt sein. Dies ist insbesondere vorteilhaft, als das Verschweißen oder Verfestigen von großen Schichtdicken, beispielsweise Schichtdicken von über 60 µm, in den additiven Prozessen verhältnismäßig hohe Bestrahlungsleistungen erfordert und damit auch vermehrt Schmauch und Schweißspritzer auftreten.

**[0043]** Analog zu dieser mit dem Laserstrahl **2** beispielsweise über eine Steuerung **15** gekoppelten Bewegung der beweglichen Auslassöffnung mit dem Laserstrahl **2** entlang der Bewegungsrichtung BR, kann eine bewegliche Einlassdüse **16** innerhalb in dem Gaseinlass **14** vorgesehen sein, sodass auch eine erhöhte und/oder lokal angepasste Gaseinströmung - vorzugsweise mit dem Laserstrahl synchronisiert - erfolgen kann.

**[0044]** Die genannten Mittel sind vorzugsweise derart eingerichtet und dimensioniert, dass die Schutzgasströmung insgesamt laminar und damit zweckmäßig zur Schmauchabführung und als Oxidationsschutz für das Bauteil **3** angewendet werden kann.

**[0045]** Mit anderen Worten wird ein Verfahren zum Führen einer Schutzgasströmung über ein Pulverbett **PB** angegeben, derart, dass sich das Schutzgas **SG** während der additiven Herstellung laminar über das Pulverbett PB bewegt und dieses, insbesondere ein Schmelzbad **4** des Pulverbettes **PB**, vor schädlichen Einflüssen, beispielsweise Schmauch, Schweißspritzen, Korrosion und/oder Oxidation, schützt, wobei ein Volumenstrom oder Massenstrom der Schutzgasströmung lokal in Bereichen, in denen das Pulverbett **PB** mit einem Energiestrahle **2** exponiert wird, an eine Bestrahlungsleistung angepasst wird.

**[0046]** Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt, sondern umfasst jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen. Dies beinhaltet insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

**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**

- EP 2601006 B1 [0004]

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung (100) zum Führen eines Schutzgases (SG) über ein Pulverbett (PB) in der additiven Herstellung, umfassend einen Gaseinlass (14) zum Einbringen des Schutzgases (SG) auf das Pulverbett (PB) und einen stationären Gasauslass (12) zum Entfernen des Schutzgases (SG), wobei die Vorrichtung (100) weiterhin ausgebildet ist, das Schutzgas (SG) laminar über das Pulverbett (PB) zu führen, und wobei die Vorrichtung (100) zum Absaugen des Schutzgases aus einem Bauraum (BR) während der additiven Herstellung eines Bauteils (3) eine parallel zu einer Pulverbettebene beweglich eingerichtete Auslassöffnung (10) aufweist.

2. Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 1, wobei die Auslassöffnung (10) über eine Steuerung (15) relativ zu dem Pulverbett (PB) bewegt werden kann.

3. Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 2, wobei eine Bewegung der Auslassöffnung (10) senkrecht zu einer Führungsrichtung (FR) des Schutzgases (SG) während der additiven Herstellung mit einer Bewegung eines Energiestrahls (2) zum Verfestigen von Pulver (5) während der additiven Herstellung gekoppelt ist.

4. Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 3, wobei eine Saugleistung zum Absaugen des Schutzgases durch die Auslassöffnung (10) an eine Schichtdicke (D) einer Pulverschicht (S) angepasst ist.

5. Vorrichtung (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der stationäre Gasauslass Teil einer Absaugleiste (12) ist, und wobei die bewegliche Auslassöffnung (10) in die Absaugleiste integriert ist.

6. Vorrichtung (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Durchflussrate des durch die bewegliche Auslassöffnung (10) während der additiven Herstellung abzusaugenden Schutzgases (SG) - über die Länge der Auslassöffnung (10) betrachtet - größer ist als eine Durchflussrate des entsprechend durch den stationären Gasauslass zu entfernenden Schutzgases (SG).

7. Vorrichtung (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, welche eine bewegliche Einlassdüse (16) aufweist, welche über eine Steuerung (15) an die Bewegung der Auslassöffnung (10) gekoppelt ist.

8. Vorrichtung (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, welche einen Aufrüstsatz für Fertigungsanlagen zur additiven Herstellung des Bauteils (3) darstellt.

9. Verfahren zum Führen einer Schutzgasströmung über ein Pulverbett (PB) für die additive Herstellung, derart, dass sich ein Schutzgas (SG) während der additiven Herstellung laminar über das Pulverbett (PB) bewegt und das Pulverbett (PB) vor schädlichen Einflüssen schützt, wobei ein Volumenstrom der Schutzgasströmung lokal in Bereichen, in denen das Pulverbett (PB) mit einem Energiestrahls (2) exponiert wird, an eine Bestrahlungsleistung angepasst wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

