

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
24. Dezember 2014 (24.12.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/202413 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B22F 3/105 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/061866
- (22) Internationales Anmeldedatum:
6. Juni 2014 (06.06.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 211 675.6 20. Juni 2013 (20.06.2013) DE
- (71) Anmelder: **MTU AERO ENGINES AG** [DE/DE];
Dachauer Straße 665, 80995 München (DE). **EOS GMBH
ELECTRO OPTICAL SYSTEMS** [DE/DE]; Robert-
Stirling-Ring 1, 82152 Krailling (DE).
- (72) Erfinder: **JAKIMOV, Andreas**; Alte Allee 61, 81245
München (DE). **SCHLICK, Georg**; Josef-Frankl-Str. 35,
80995 München (DE). **HANRIEDER, Herbert**;
Herschenhofen 17, 85411 Hohenkammer (DE).
LEUTERER, Martin; Karl-Theodor-Str. 1, 82140
Olching (DE).
- (74) Anwalt: **HOFSTETTER, Alfons**; Hofstetter, Schurack &
Partner, Patent- und Rechtsanwaltskanzlei, PartG mbB,
Balanstr. 57, 81541 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR ADDITIVELY PRODUCING AT LEAST ONE COMPONENT REGION OF A COMPONENT

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR GENERATIVEN HERSTELLUNG ZUMINDEST EINES BAUTEILBEREICHES EINES BAUTEILS

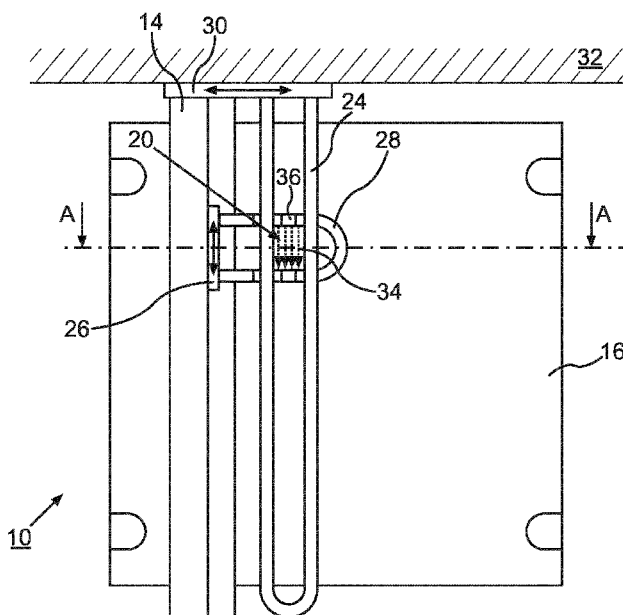


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to a device (10) for additively producing at least one component region of a component (12), in particular a component (12) of a turbomachine. The device (10) can comprise at least one component platform (16), which can be lowered and which has at least one constructing and joining zone (20) for accommodating at least one powder layer of a component material, at least one heating device (24, 28) that can be moved in relation to the component platform (16), and at least one radiation source for producing at least one high-energy beam (22), by means of which high-energy beam the powder layer can be locally fused and/or sintered to form a component layer in the region of the constructing and joining zone (20), and at least one suctioning and/or gas-feeding device (36), which is arranged on the heating device (24, 28). The device (10) can, however, also comprise at least one coating apparatus (14) for applying at least one powder layer of a component material to at least one constructing and joining zone (20) of at least one component platform (16) that can be lowered, wherein the coating apparatus (14) can be moved in relation to the component platform (16), and at least one suctioning and/or gas-feeding device (36), which is arranged on the coating apparatus (14).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/202413 A2



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10) zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils (12), insbesondere eines Bauteils (12) einer Strömungsmaschine. Die Vorrichtung (10) kann dabei mindestens eine absenkbare Bauteilplattform (16) mit mindestens einer Aufbau- und Fügezone (20) zur Aufnahme mindestens einer Pulverschicht eines Bauteilwerkstoffs, mindestens eine relativ zu der Bauteilplattform (16) bewegbare Heizvorrichtung (24, 28) und mindestens eine Strahlungsquelle zum Erzeugen wenigstens eines Hochenergiestrahls (22), mittels welchem die Pulverschicht im Bereich der Aufbau- und Fügezone (20) lokal zu einer Bauteilschicht verschmelzbar und/oder versinterbar ist sowie mindestens eine Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36), die an der Heizvorrichtung (24, 28) angeordnet ist, umfassen. Die Vorrichtung (10) kann aber auch mindestens einen Beschichter (14) zum Auftrag von mindestens einer Pulverschicht eines Bauteilwerkstoffs auf mindestens eine Aufbau- und Fügezone (20) mindestens einer absenkbaren Bauteilplattform (16), wobei der Beschichter (14) relativ zu der Bauteilplattform (16) bewegbar ist und mindestens eine Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36), die an dem Beschichter (14) angeordnet ist, umfassen.

Vorrichtung und Verfahren zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils

Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft Vorrichtungen zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, insbesondere eines Bauteils einer Strömungsmaschine gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 8. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils sowie eine Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung zur Verwendung in einer Vorrichtung zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils.

Verfahren und Vorrichtungen zur Herstellung von Bauteilen sind in einer großen Vielzahl bekannt. Insbesondere sind generative Fertigungsverfahren (sog. Rapid Manufacturing- bzw. Rapid Prototyping-Verfahren) bekannt, bei denen das Bauteil durch pulverbettbasierte, additive Fertigungsverfahren schichtweise aufgebaut wird. Vorwiegend metallische Bauteile können beispielsweise durch Laser- bzw. Elektronenstrahlschmelz- oder -sinterverfahren hergestellt werden. Dabei wird zunächst schichtweise mindestens ein pulverförmiger Bauteilwerkstoff auf eine Bauteilplattform im Bereich einer Aufbau- und Fügezone der Vorrichtung aufgetragen. Anschließend wird der Bauteilwerkstoff schichtweise lokal verschmolzen und/oder versintert, indem dem Bauteilwerkstoff im Bereich der Aufbau- und Fügezone Energie mittels wenigstens eines Hochenergiestrahls, zum Beispiel eines Elektronen- oder Laserstrahls zugeführt wird. Der Hochenergiestrahls wird dabei in Abhängigkeit einer Schichtinformation der jeweils herzustellenden Bauteilschicht gesteuert. Nach dem Verschmelzen und/oder Versintern wird die Bauteilplattform schichtweise um eine vordefinierte Schichtdicke abgesenkt. Danach werden die genannten Schritte bis zur endgültigen Fertigstellung des Bauteils wiederholt.

Aus dem Stand der Technik sind insbesondere auch generative Herstellverfahren für die Herstellung von Bauteilen einer Strömungsmaschine, wie beispielsweise von Bauteilen eines Flugtriebwerks oder einer Gasturbine bekannt, z.B. das in der DE 10 2009 051 479 A1 beschriebene Verfahren bzw. eine entsprechende Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteils einer Strömungsmaschine.

Bei diesem Verfahren wird durch schichtweisen Auftrag von mindestens einem pulverförmigen Bauteilwerkstoff auf einer Bauteilplattform im Bereich einer Aufbau- und Fügezone sowie schichtweises und lokales Schmelzen oder Sintern des Bauteilwerkstoffs mittels im Bereich der Aufbau- und Fügezone zugeführter Energie ein entsprechendes Bauteil hergestellt. Die Zufuhr der Energie erfolgt hierbei über Laserstrahlen, wie beispielsweise CO₂-Laser, Nd:YAG-Laser, Yb-Faserlaser sowie Diodenlaser, oder durch Elektronenstrahlen. Bei dem in der DE 10 2009 051 479 A1 beschriebenen Verfahren wird weiterhin das erzeugte Bauteil bzw. die Aufbau- und Fügezone auf eine Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunkts des Bauteilwerkstoffs mittels eines Zonenofens erwärmt, um eine gerichtet erstarrte oder einkristalline Kristallstruktur aufrechtzuerhalten.

Aus der DE 10 2006 058 949 A1 ist ebenfalls eine Vorrichtung und ein Verfahren zur schnellen Herstellung und Reparatur von Schaufelspitzen von Schaufeln einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks bekannt, wobei eine induktive Heizung zusammen mit Laser- oder Elektronenstrahlsintern eingesetzt wird.

Eine induktive Heizung des herzustellenden Bauteils im Zusammenhang mit der generativen Herstellung eines Bauteils mit Hilfe von selektivem Laserschmelzen ist auch in der EP 2 359 964 A1 beschrieben.

Die WO 2008/071165 A1 beschreibt wiederum eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Reparatur von Turbinenschaufeln von Gasturbinen mittels Pulverauftragsschweißen, wobei für die Auftragsschweißung eine Strahlungsquelle, wie ein Laser oder ein Elektronenstrahl, Verwendung findet. Zugleich wird über eine Induktionsspule eine Heizvorrichtung zur Beheizung der zu reparierenden Schaufel bereitgestellt.

Die DE 10 2012 206 122 A1 beschreibt eine Vorrichtung zur generativen Herstellung von Bauteilen mittels einem Laserpulverauftragsschweißen und/oder einem selektiven Bestrahlen eines Pulverbetts, wobei die Vorrichtung mindestens eine relativ zu einem oder mehreren Pulverbeträumen beweglich angeordnete Induktionsspule aufweist. Die Induktionsspulen sind dabei entlang separat ausgebildeter Schienenanordnungen linear verfahrbar. Durch die lokale und indi-

viduell auf die Geometrie des herzustellenden Bauteils angepasste induktive Erwärmung des Bauteils ist es möglich, dass Heißrissbildungen, insbesondere bei der Verwendung von Hochtemperaturlegierungen für die generative Fertigung, bei der Herstellung des Bauteils zuverlässig verhindert werden.

5

Als nachteilig an den bekannten Vorrichtungen ist aber der Umstand anzusehen, dass die Entfernung von während des generativen Herstellungsverfahrens entstehenden Schmauchs, Spritzern und Prozessabgasen nur ungenügend oder mit relativ hohem apparativem Aufwand möglich ist.

10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, Vorrichtungen der eingangs genannten Art zu schaffen, die eine verbesserte Entfernung von während eines generativen Herstellungsverfahrens entstehenden Schmauchs, Spritzern und/oder Prozessabgasen bei relativ geringen apparativem Aufwand ermöglichen.

15 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 14
20 sowie eine Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen der Vorrichtungen als vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sowie der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung und umgekehrt anzusehen sind.

25 Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, insbesondere eines Bauteils einer Strömungsmaschine. Die Vorrichtung umfasst dabei mindestens eine absenkbare Bauteilplattform mit mindestens einer Aufbau- und Fügezone zur Aufnahme mindestens einer Pulverschicht eines Bauteilwerkstoffs, mindestens eine relativ zu der Bauteilplattform bewegbare Heizvorrichtung und mindestens eine
30 Strahlungsquelle zum Erzeugen wenigstens eines Hochenergiestrahls, mittels welchem die Pulverschicht im Bereich der Aufbau- und Fügezone lokal zu einer Bauteilschicht verschmelzbar und/oder versinterbar ist. Zudem umfasst die Vorrichtung mindestens eine Absaug- und/oder

Gaszuführungsvorrichtung, die an der Heizvorrichtung angeordnet ist. Durch die Anordnung der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung an der Heizvorrichtung ist es möglich, Schmauch, Spritzer und/oder Prozessabgase des generativen Herstellungsprozesses vor und/oder während und/oder nach der Belichtung mittels der Strahlungsquelle bzw. des Hochenergiestrahls in diesem Bereich zuverlässig aus der Aufbau- und Fügezone zu entfernen. Zudem können bereits vorhandene Vorrichtungen zur generativen Herstellung von Bauteilen mit einer entsprechenden Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung, die an der Heizvorrichtung angeordnet wird, ohne Weiteres nachgerüstet werden. Unter den Begriffen „angeordnet“ oder „Anordnung“ ist zu verstehen, dass die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung direkt oder indirekt mit der Heizvorrichtung verbunden werden kann. Beispielsweise ist eine mechanische Verbindung mit der Heizvorrichtung möglich. Durch die Erwärmung des Bauteilwerkstoffs mittels der Heizvorrichtung werden zudem zuverlässig, insbesondere bei der Verwendung von Hochtemperaturlegierungen als Bauteilwerkstoff, Heißrissbildungen vermieden. Da die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung an der verfahrbaren Heizvorrichtung angeordnet ist, kann auf zusätzliche Verfahrenseinheiten zur Bewegung der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung in den Bereich der Aufbau- und Fügezone des Bauteils verzichtet werden. Zudem besteht die Möglichkeit, dass der Aufbau- und Fügezone des Bauteils, d.h. einem Arbeits- und Wirkbereich des Hochenergiestrahls Gas zur Steuerung der Strömungsverhältnisse in diesem Bereich zugeführt wird. Es ist aber auch möglich, über die Gaszuführungsvorrichtung Inertgas der Aufbau- und Fügezone des Bauteils zur Verbesserung der Fügequalität des entstehenden Bauteils zuzuführen. Des Weiteren kann die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung derart an der Heizvorrichtung angeordnet sein, dass ein Arbeits- und Wirkbereich des Hochenergiestrahls im Bereich der Aufbau- und Fügezone zumindest überwiegend oder vollständig in dem Wirkbereich der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung liegt. Dadurch ist eine besonders zuverlässige Entfernung von Schmauch, Spritzern und/oder Prozessabgasen aus dem Bereich der Aufbau- und Fügezone möglich.

In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung an der Heizvorrichtung verfahrbar oder nicht-verfahrbar angeordnet. Die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung kann an der Heizvorrichtung nicht-verfahrbar angeordnet sein, so dass sie durch die Bewegung der Heizvorrichtung entlang bzw. über die Aufbau- und Fügezone der Bauteilplattform bewegt wird. Dadurch ist ein einfacher konstruktiver Aufbau der Vorrichtung insgesamt gegeben. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die

- Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung an der Heizvorrichtung über eine entsprechende Verfahrenseinheit verfahrbar anzuordnen. Daher ergibt sich vorteilhafterweise die Möglichkeit, die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung auch entgegen der Bewegungsrichtung der Heizvorrichtung zu verfahren, um so den Wirkungsbereich der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung zu vergrößern. Unter den Begriffen „angeordnet“ oder „anzuordnen“ ist zu verstehen, dass die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung direkt oder indirekt mit der Heizvorrichtung - und umgekehrt - verbunden werden kann. Beispielsweise ist eine mechanische Verbindung möglich.
- 5
- 10 In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist diese mindestens ein Beschichter zum Auftrag der mindestens einer Pulverschicht des Bauteilwerkstoffs auf die Aufbau- und Fügezone der Bauteilplattform auf, wobei der Beschichter relativ zu der Bauteilplattform bewegbar ist. Dabei kann die Heizvorrichtung an dem Beschichter nichtverfahrbar angeordnet sein, so dass diese durch die Bewegung des Beschichters entlang bzw.
- 15 über die Aufbau- und Fügezone der Bauteilplattform bewegt wird. Dadurch ist ein einfacher konstruktiver Aufbau der Vorrichtung insgesamt gegeben. Zudem können bereits vorhandene Vorrichtungen zur generativen Herstellung von Bauteilen mit einer entsprechenden Heizvorrichtung, die an dem Beschichter angeordnet wird, nachgerüstet werden. Diese wird dann mit dem Beschichter über eine entsprechende Verfahrenseinheit des Beschichters über die Aufbau- und Fügezone
- 20 der Bauteilplattform bewegt. Des Weiteren kann die mindestens eine Heizvorrichtung an dem Beschichter verfahrbar angeordnet sein. Dabei kann der Beschichter mindestens eine Verfahrenseinheit umfassen, an der wiederum mindestens eine Heizvorrichtung angeordnet ist. Dadurch ergibt sich vorteilhafterweise die Möglichkeit, die Heizvorrichtung auch entgegen der Bewegungsrichtung des Beschichters zu verfahren, um so einen weiteren Bereich der Aufbau- und Fügezone einer Erwärmung durch die Heizvorrichtung unterziehen zu können.
- 25

- Die relative Bewegbarkeit der Heizvorrichtung und/oder des Beschichters relativ zu der Bauteilplattform kann entweder durch die Bewegung der Heizvorrichtung und/oder des Beschichters mittels einer entsprechenden Verfahrenseinheit oder durch Bewegen der Bauteilplattform erfolgen.
- 30 Bei der letztgenannten Ausführungsform kann gegebenenfalls auf eine separate Verfahrenseinheit der Heizvorrichtung oder des Beschichters verzichtet werden.

In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Heizvorrichtung eine Induktionsspule. Dabei wird unter Induktionsspule im Rahmen der vorliegenden Erfindung jede Vorrichtung verstanden, die eine induktive Erwärmung erzeugen kann, also beispielsweise unabhängig von der Anzahl der Windungen, so dass die Induktionsspule beispielsweise auch als Induktionsschleife bezeichnet werden kann. Dabei ist es möglich, dass die Vorrichtung mehrere verfahrbare bzw. bewegbare Induktionsspulen umfasst, die in einer oder mehreren Ebenen parallel zu einer Oberfläche der Aufbau- und Fügezone angeordnet sind. Insbesondere können zwei Induktionsspulen in zueinander gekreuzter Anordnung betrieben werden, wobei insbesondere im Kreuzungsbereich der Hochenergiestrahl der Strahlungsquelle zum Aufschmelzen und/oder Versintern des pulverförmigen Bauteilwerkstoffs vorgesehen sein kann. In einer weiteren Ausgestaltung kann eine Induktionsspule nicht-verfahrbar an dem Beschichter und eine weitere Induktionsspule über eine Verfahreinheit am Beschichter verfahrbar angeordnet sein.

In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Hochenergiestrahl ein Laser- oder Elektronenstrahl.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, insbesondere eines Bauteils einer Strömungsmaschine. Die Vorrichtung umfasst dabei mindestens einen Beschichter zum Auftrag von mindestens einer Pulverschicht eines Bauteilwerkstoffs auf mindestens eine Aufbau- und Fügezone mindestens einer absenkbaren Bauteilplattform, wobei der Beschichter relativ zu der Bauteilplattform bewegbar ist und mindestens eine Strahlungsquelle zum Erzeugen wenigstens eines Hochenergiestrahls, mittels welchem die Pulverschicht im Bereich der Aufbau- und Fügezone lokal zu einer Bauteilschicht verschmelzbar und/oder versinterbar ist. Zudem umfasst die Vorrichtung mindestens eine Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung, die an dem Beschichter angeordnet ist. Durch die Anordnung der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung an dem bewegbaren Beschichter ist es möglich, Schmauch, Spritzer und/oder Prozessabgase des generativen Herstellungsprozesses vor und/oder während und/oder nach der Belichtung mittels der Strahlungsquelle bzw. des Hochenergiestrahls in diesem Bereich zuverlässig aus der Aufbau- und Fügezone zu entfernen. Unter den Begriffen „angeordnet“ oder „Anordnung“ ist zu verstehen, dass die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung direkt oder indirekt mit dem Beschichter verbunden werden kann. Beispielsweise ist eine mechanische Verbindung mit dem Beschichter möglich.

Zudem können bereits vorhandene Vorrichtungen zur generativen Herstellung von Bauteilen mit einer entsprechenden Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung, die an dem Beschichter angeordnet wird, ohne Weiteres nachgerüstet werden. Da die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung an dem verfahrbaren Beschichter angeordnet ist, kann auf zusätzliche Vorrichtungen zur Bewegung der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung in den Bereich der Aufbau- und Fügezone des Bauteils verzichtet werden. Zudem besteht die Möglichkeit, dass der Aufbau- und Fügezone des Bauteils, d.h. einem Arbeits- und Wirkungsbereich des Hochenergiestrahls Gas zur Steuerung der Strömungsverhältnisse in diesem Bereich zugeführt wird. Es ist aber auch möglich, über die Gaszuführungsvorrichtung Inertgas der Aufbau- und Fügezone des Bauteils zur Verbesserung der Fügequalität des entstehenden Bauteils zuzuführen. Des Weiteren kann die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung derart an dem Beschichter angeordnet sein, dass ein Arbeits- und Wirkungsbereich des Hochenergiestrahls im Bereich der Aufbau- und Fügezone zumindest überwiegend oder vollständig in dem Wirkungsbereich der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung liegt. Dadurch ist eine besonders zuverlässige Entfernung von Schmauch, Spritzern und/oder Prozessabgasen aus dem Bereich der Aufbau- und Fügezone möglich.

In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung an dem Beschichter verfahrbar oder nicht-verfahrbar angeordnet. Die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung kann an dem Beschichter nicht-verfahrbar angeordnet sein, so dass sie durch die Bewegung des Beschichters entlang bzw. über die Aufbau- und Fügezone der Bauteilplattform bewegt wird. Dadurch ist ein einfacher konstruktiver Aufbau der Vorrichtung insgesamt gegeben. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung an dem Beschichter über eine entsprechende Vorrichtung verfahrbar anzuordnen. Dadurch ergibt sich vorteilhafterweise die Möglichkeit, die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung auch entgegen der Bewegungsrichtung des Beschichters zu verfahren, um so den Wirkungsbereich der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung zu vergrößern.

In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist diese mindestens eine Heizvorrichtung zum Erwärmen der Pulverschicht des Bauteilwerkstoffs zumindest im Bereich der Aufbau- und Fügezone der Bauteilplattform auf, wobei die Heizvorrichtung relativ zu der Bauteilplattform bewegbar ist. Dabei kann die Heizvorrichtung an dem Beschichter

nicht-verfahrbar angeordnet sein, so dass diese durch die Bewegung des Beschichters entlang bzw. über die Aufbau- und Fügezone der Bauteilplattform bewegt wird. Dadurch ist ein einfacher konstruktiver Aufbau der Vorrichtung insgesamt gegeben. Zudem können bereits vorhandene Vorrichtungen zur generativen Herstellung von Bauteilen mit einer entsprechenden Heizvorrichtung, die an dem Beschichter angeordnet wird, nachgerüstet werden. Diese wird dann mit dem Beschichter über eine entsprechende Verfahreinheit des Beschichters über die Aufbau- und Fügezone der Bauteilplattform bewegt. Des Weiteren kann die mindestens eine Heizvorrichtung an dem Beschichter verfahrbar angeordnet sein. Dabei kann der Beschichter mindestens eine Verfahreinheit umfassen, an der wiederum mindestens eine Heizvorrichtung angeordnet ist. Dadurch ergibt sich vorteilhafterweise die Möglichkeit, die Heizvorrichtung auch entgegen der Bewegungsrichtung des Beschichters zu verfahren, um so einen weiteren Bereich der Aufbau- und Fügezone einer Erwärmung durch die Heizvorrichtung unterziehen zu können. Durch die Erwärmung des Bauteilwerkstoffs mittels der Heizvorrichtung werden zudem zuverlässig, insbesondere bei der Verwendung von Hochtemperaturlegierungen als Bauteilwerkstoff, Heißrissbildungen vermieden.

Die relative Bewegbarkeit des Beschichters und/oder der Heizvorrichtung relativ zu der Bauteilplattform kann entweder durch die Bewegung des Beschichters und/oder der Heizvorrichtung mittels einer entsprechenden Verfahreinheit oder durch Bewegen der Bauteilplattform erfolgen. Bei der letztgenannten Ausführungsform kann gegebenenfalls auf eine separate Verfahreinheit der Heizvorrichtung oder des Beschichters verzichtet werden.

In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Heizvorrichtung eine Induktionsspule. Dabei wird unter Induktionsspule im Rahmen der vorliegenden Erfindung jede Vorrichtung verstanden, die eine induktive Erwärmung erzeugen kann, also beispielsweise unabhängig von der Anzahl der Windungen, so dass die Induktionsspule beispielsweise auch als Induktionsschleife bezeichnet werden kann. Dabei ist es möglich, dass die Vorrichtung mehrere verfahrbare bzw. bewegbare Induktionsspulen umfasst, die in einer oder mehrerer Ebenen parallel zu einer Oberfläche der Aufbau- und Fügezone angeordnet sind. Insbesondere können zwei Induktionsspulen in zueinander gekreuzter Anordnung betrieben werden, wobei insbesondere im Kreuzungsbereich der Hochenergiestrahl der Strahlungsquelle zum Aufschmelzen und/oder Versintern des pulverförmigen Bauteilwerkstoffs vorgesehen sein kann. In einer

weiteren Ausgestaltung kann eine Induktionsspule nicht-verfahrbar an dem Beschichter und eine weitere Induktionsspule über eine Verfahreinheit am Beschichter verfahrbar angeordnet sein.

5 In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Hochenergiestrahl ein Laser- oder Elektronenstrahl.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, insbesondere eines Bauteils einer Strömungsmaschine. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst dabei zumindest folgende Schritte: a) Auftragen von mindestens einer Pulverschicht eines Bauteilwerkstoffs auf mindestens eine Aufbau- und Fügezone von mindestens einer absenkbaren Bauteilplattform; b) Schichtweises und lokales Verschmelzen und/oder Versintern des Bauteilwerkstoffs durch Zuführen von Energie mittels wenigstens eines Hochenergiestrahls im Bereich der Aufbau- und Fügezone zum Ausbilden einer Bauteilschicht; c) Schichtweises Absenken der Bauteilplattform um eine vordefinierte Schicht-dicke; und d) 10 Wiederholen der Schritte a) bis c) bis zur Fertigstellung des Bauteilbereichs. Dabei werden vor und/oder während und/oder nach der Belichtung mittels des Hochenergiestrahls insbesondere Schmauch, Spritzer und/oder Prozessabgase des generativen Herstellungsprozesses aus der Aufbau- und Fügezone mittels mindestens einer an einer relativ zu der Bauteilplattform bewegbaren Heizvorrichtung und/oder an mindestens einem relativ zu der Bauteilplattform bewegbaren Be- 20 schichter zum Auftrag des Bauteilwerkstoffs angeordneten Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung entfernt. Dadurch ist eine besonders zuverlässige Entfernung von Schmauch, Spritzern, Prozessabgasen sowie anderen unerwünschten Gasen oder Partikeln aus dem Bereich der Aufbau- und Fügezone möglich.

25 Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft eine Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung zur Verwendung in einer Vorrichtung zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils. Erfindungsgemäß ist dabei die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung derart ausgebildet, dass sie an einer relativ zu einer Bauteilplattform der Vorrichtung bewegbaren Heizvorrichtung und/oder an einem relativ zu der Bauteilplattform der Vorrichtung bewegbaren 30 Beschichter zum Auftrag des Bauteilwerkstoffs, anbringbar bzw. anordenbar ist. Unter den Begriffen „anordenbar“ oder „anbringbar“ ist zu verstehen, dass die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung direkt oder indirekt mit der Heizvorrichtung und/oder dem Beschichter verbun-

den werden kann. Beispielsweise ist eine mechanische Verbindung mit der Heizvorrichtung und/oder dem Beschichter möglich. Die erfindungsgemäße Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung ermöglicht eine besonders zuverlässige Entfernung von Schmauch, Spritzern und/oder Prozessabgasen aus einem Bereich einer Aufbau- und Fügezone bei der Durchführung eines generativen Herstellungsverfahrens.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, dem im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie anhand der Zeichnungen. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in den Ausführungsbeispielen genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematisch dargestellte Aufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils;

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung der Vorrichtung gemäß Figur 1; und

Fig. 3 eine vergrößerte schematische Darstellung eines Teilbereichs der in Figur 2 in einer Schnittansicht gezeigten Vorrichtung.

Fig. 1 zeigt eine schematisch dargestellte Aufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung 10 zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, insbesondere eines Bauteils einer Strömungsmaschine. Insbesondere kann es sich dabei um ein Bauteil einer Turbine oder eines Verdichters eines Flugtriebwerks handeln. Die Vorrichtung 10 weist zudem einen Beschichter 14 zum Auftrag von mindestens einer Pulverschicht eines Bauteilwerkstoffs (nicht dargestellt) auf zumindest eine Aufbau- und Fügezone 20 einer absenkbaren Bauteilplattform 16 auf. Man erkennt, dass der Beschichter 14 mittels einer Verfahreinheit 30, welche mit einem Maschinengestell 32 der Vorrichtung 10 verbunden ist, bewegt werden kann. Die Bewegung des Beschichters 14 erfolgt dabei über und entlang der Bauteilplattform 16, so dass ein gleichmäßiger und schichtweiser Auftrag des pulverförmigen Bauteilwerkstoffs auf die Bauteilplattform 16 möglich ist.

Des Weiteren erkennt man, dass an der Verfahreinheit 30 des Beschichters 14 eine erste Induktionsspule 24 angeordnet ist. Ungefähr senkrecht zu der ersten Induktionsspule 24 ist eine zweite Induktionsspule 28 an einer Verfahreinheit 26 angeordnet. Die Verfahreinheit 26 ist wiederum am Beschichter 14 angeordnet, so dass die zweite Induktionsspule 28 entlang einer Längserstreckung des Beschichters 14 bewegt werden kann. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die beiden Induktionsspulen in zueinander gekreuzter Anordnung ausgebildet. Man erkennt, dass durch eine derartige Anordnung der gesamte Bereich der Bauteilplattform 16 mittels der Induktionsspulen 24, 28 überdeckt und somit erwärmt werden kann. Des Weiteren wird deutlich, dass ein Hochenergiestrahl 22, insbesondere ein Laser- oder Elektronenstrahl, zwischen den Induktionsspulen 24, 28 hindurch auf die Pulverschicht des Bauteilwerkstoffs im Bereich einer Aufbau- und Fügezone 20 gerichtet werden kann (siehe Figur 2). Insbesondere wird der Hochenergiestrahl 22 derart ausgerichtet, dass er zwischen einen Kreuzungsbereich der Induktionsspulen 24, 28 hindurch dringen kann. Man erkennt zudem, dass durch die Anordnung der Induktionsspulen 24, 28 an den Beschichter 14 diese für die Beschichtung nicht mehr aus dem Arbeitsbereich des Beschichters 14 entfernt werden müssen. Durch die Erwärmung der Pulverschicht mittels der Induktionsspulen 24, 28 im Bereich der Aufbau- und Fügezone 20 ist es möglich, vor, während und nach den Aufschmelzen des Bauteilwerkstoffs mittels des Hochenergiestrahls 22 und mit Fortschreiten der Erstarrungsfront einerseits gleichbleibende Induktionsbedingungen zu erzielen, so dass gleichbleibende Schmelzbedingungen mit definierten, lokalen Temperaturgradienten bei hohen Produktionsgeschwindigkeiten einstellbar sind. Andererseits wird gleichzeitig die Ausbildung von Rissen und dergleichen beim Erstarren vermieden.

Man erkennt, dass an der ersten Induktionsspule 24 eine Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung 36 angeordnet ist. Durch die Anordnung der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung 36 an der ersten Induktionsspule 24 ist es möglich, insbesondere Schmauch, Spritzer und/oder Prozessabgase des generativen Herstellungsprozesses vor und/oder während und/oder nach der Belichtung mittels der Strahlungsquelle bzw. des Hochenergiestrahls 22 zuverlässig aus der Aufbau- und Fügezone 20 zu entfernen. Ein Wirkbereich 34 der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung 36, d.h. der Bereich der Absaugung und/oder des Gaszuführung, erstreckt sich in dem dargestellten Ausführungsbeispiel insbesondere auf den Kreuzungsbereich der Induktionsspulen 24, 28.

Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung der Vorrichtung 10 gemäß der Linie A-A in Fig. 1. Man erkennt, dass die mittels der Verfahreinheit 26 am Beschichter 14 angeordnete zweite Induktionsspule 28 in einer Ebene unter der ersten, an der Verfahreinheit 30 des Beschichters 14 angeordneten ersten Induktionsspule 24, relativ zur der Bauteilplattform 16 angeordnet ist. Die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung 36 ist innerhalb einer durch die erste Induktionsspule 24 gebildeten Windung angeordnet, so dass ihr Wirkungsbereich 34 zumindest mit dem Bereich der Aufbau- und Fügezone 20 zur Deckung kommt. Der Hochenergiestrahl 22 ist derart ausgerichtet, dass er zwischen dem Kreuzungsbereich der Induktionsspulen 24, 28 hindurch dringen kann.

Zudem erkennt man, dass der Beschichter 14 eine Klinge 18 für den schichtweisen Auftrag des pulverförmigen Bauteilwerkstoffs (nicht dargestellt) auf der Bauteilplattform 16 aufweist. Die Klinge 18 ist dabei bewegbar ausgebildet, derart, dass sie während einer Belichtung der Pulverschicht im Bereich der Aufbau- und Fügezone 20 mittels des Hochenergiestrahls 22 in den Beschichter 14 zumindest teilweise rückziehbar ist. Alternativ zu der Klinge 18 können auch andere Glättvorrichtungen wie zum Beispiel Rakel, Lippen, ein Kämme oder Walzen verwendet werden.

Fig. 3 zeigt eine vergrößerte schematische Darstellung eines Teilbereich der in Figur 2 in einer Schnittansicht gezeigten Vorrichtung 10. Die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung 36 ist in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel als Absaugvorrichtung dargestellt, die Prozessabgase 12, die während der generativen Fertigung des Bauteils aus einem Pulverbett 38 des Bauteilwerkstoffs entstehen, absaugt. Das Pulverbett 38 ist auf die Bauteilplattform 16 aufgetragen. Der Hochenergiestrahl 22 ist wiederum derart ausgerichtet, dass er zwischen dem Kreuzungsbereich der Induktionsspulen 24, 28 hindurch bis zum Pulverbett 38 im Bereich der Aufbau- und Fügezone 20 dringen kann.

Das in den Fig. 1 bis 3 dargestellte Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 10 kann zudem noch eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung und/oder eine Temperaturerfassungseinrichtung umfassen, wobei mit der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung die Position und/oder Leistung der Induktionsspule(n) 24, 28 steuerbar und/oder in Abhängigkeit der Messergebnisse der Temperaturerfassungseinrichtung regelbar sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, insbesondere eines Bauteils einer Strömungsmaschine, umfassend:
 - 5 - mindestens eine absenkbare Bauteilplattform (16) mit mindestens einer Aufbau- und Fügezone (20) zur Aufnahme mindestens einer Pulverschicht eines Bauteilwerkstoffs;
 - mindestens eine relativ zu der Bauteilplattform (16) bewegbare Heizvorrichtung (24, 28); und
 - 10 - mindestens eine Strahlungsquelle zum Erzeugen wenigstens eines Hochenergiestrahls (22), mittels welchem die Pulverschicht im Bereich der Aufbau- und Fügezone (20) lokal zu einer Bauteilschicht verschmelzbar und/oder versinterbar ist; dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36) an der Heizvorrichtung (24, 28) angeordnet ist.
- 15 2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36) derart an der Heizvorrichtung (24, 28) angeordnet ist, dass ein Arbeits- und Wirkungsbereich des Hochenergiestrahls (22) im Bereich der Aufbau- und Fügezone (20) in einem Wirkungsbereich (34) der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36) liegt.
- 20 3. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (10) mindestens einen Beschichter (14) zum Auftrag der mindestens einer Pulverschicht des Bauteilwerkstoffs auf die Aufbau- und Fügezone (20) der Bauteilplattform (16) aufweist, wobei der Beschichter (14) relativ zu der Bauteilplattform (16) bewegbar ist.
- 25 30 4. Vorrichtung (10) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

die Heizvorrichtung (24, 28) an dem Beschichter (14) verfahrbar oder nicht-verfahrbar angeordnet ist.

5. Vorrichtung (10) nach Anspruch 4,
5 dadurch gekennzeichnet, dass
der Beschichter (14) mindestens eine Verfahreinheit (26) umfasst, an der mindestens eine Heizvorrichtung (28) angeordnet ist.
6. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
10 dadurch gekennzeichnet, dass
die Heizvorrichtung (24, 28) eine Induktionsspule umfasst.
7. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 der Hochenergiestrahler (22) einen Laser- oder Elektronenstrahl umfasst.
8. Vorrichtung (10) zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, insbesondere eines Bauteils einer Strömungsmaschine, umfassend:
- mindestens einen Beschichter (14) zum Auftrag von mindestens einer Pulverschicht eines Bauteilwerkstoffs auf mindestens eine Aufbau- und Fügezone (20)
20 mindestens einer absenkbaren Bauteilplattform (16), wobei der Beschichter (14) relativ zu der Bauteilplattform (16) bewegbar ist; und
 - mindestens eine Strahlungsquelle zum Erzeugen wenigstens eines Hochenergiestrahls (22), mittels welchem die Pulverschicht im Bereich der Aufbau- und Fügezone (20) lokal zu einer Bauteilschicht verschmelzbar und/oder versinterbar ist;
25
- dadurch gekennzeichnet, dass
mindestens eine Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36) an dem Beschichter (14) angeordnet ist.
- 30 9. Vorrichtung (10) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36) derart an dem Beschichter (14) an-

geordnet ist, dass ein Arbeits- und Wirkungsbereich des Hochenergiestrahls (22) im Bereich der Aufbau- und Fügezone (20) in einem Wirkungsbereich (34) der Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36) liegt.

- 5 10. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
an dem Beschichter (14) mindestens eine Heizvorrichtung (24, 28) verfahrbar oder nicht-
verfahrbar angeordnet ist.
- 10 11. Vorrichtung (10) nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Beschichter (14) mindestens eine Verfahreinheit (26) umfasst, an der mindestens eine
Heizvorrichtung (28) angeordnet ist.
- 15 12. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Heizvorrichtung (24, 28) eine Induktionsspule umfasst.
13. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
der Hochenergiestrahls (22) einen Laser- oder Elektronenstrahl umfasst.
14. Verfahren zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils,
insbesondere eines Bauteils einer Strömungsmaschine, zumindest folgende Schritte um-
fassend:
25 a) Auftragen von mindestens einer Pulverschicht eines Bauteilwerkstoffs auf min-
destens eine Aufbau- und Fügezone (20) von mindestens einer absenkbaaren Bau-
teilplattform (16);
b) Schichtweises und lokales Verschmelzen und/oder Versintern des Bauteilwerk-
30 stoffs durch Zuführen von Energie mittels wenigstens eines Hochenergiestrahls
(22) im Bereich der Aufbau- und Fügezone (20) zum Ausbilden einer Bauteil-
schicht;

c) Schichtweises Absenken der Bauteilplattform (16) um eine vordefinierte Schichtdicke; und

d) Wiederholen der Schritte a) bis c) bis zur Fertigstellung des Bauteilbereichs, dadurch gekennzeichnet, dass

5 vor und/oder während und/oder nach der Belichtung mittels des Hochenergiestrahls (22) insbesondere Schmauch, Spritzer und/oder Prozessabgase des generativen Herstellungsprozesses aus der Aufbau- und Fügezone (20) mittels mindestens einer an einer relativ zu der Bauteilplattform (16) bewegbaren Heizvorrichtung (24, 28) und/oder an mindestens einem relativ zu der Bauteilplattform (16) bewegbaren Beschichter (14) zum Auftrag des Bauteilwerkstoffs angeordneten Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36) entfernt werden.

15. Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36) zur Verwendung in einer Vorrichtung (10) zur generativen Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, dadurch gekennzeichnet, dass

15 die Absaug- und/oder Gaszuführungsvorrichtung (36) an einer relativ zu einer Bauteilplattform (16) der Vorrichtung (10) bewegbaren Heizvorrichtung (24, 28) und/oder an einem relativ zu der Bauteilplattform (16) der Vorrichtung (10) bewegbaren Beschichter (14) zum Auftrag des Bauteilwerkstoffs, anbringbar ausgebildet ist.

20

1/2

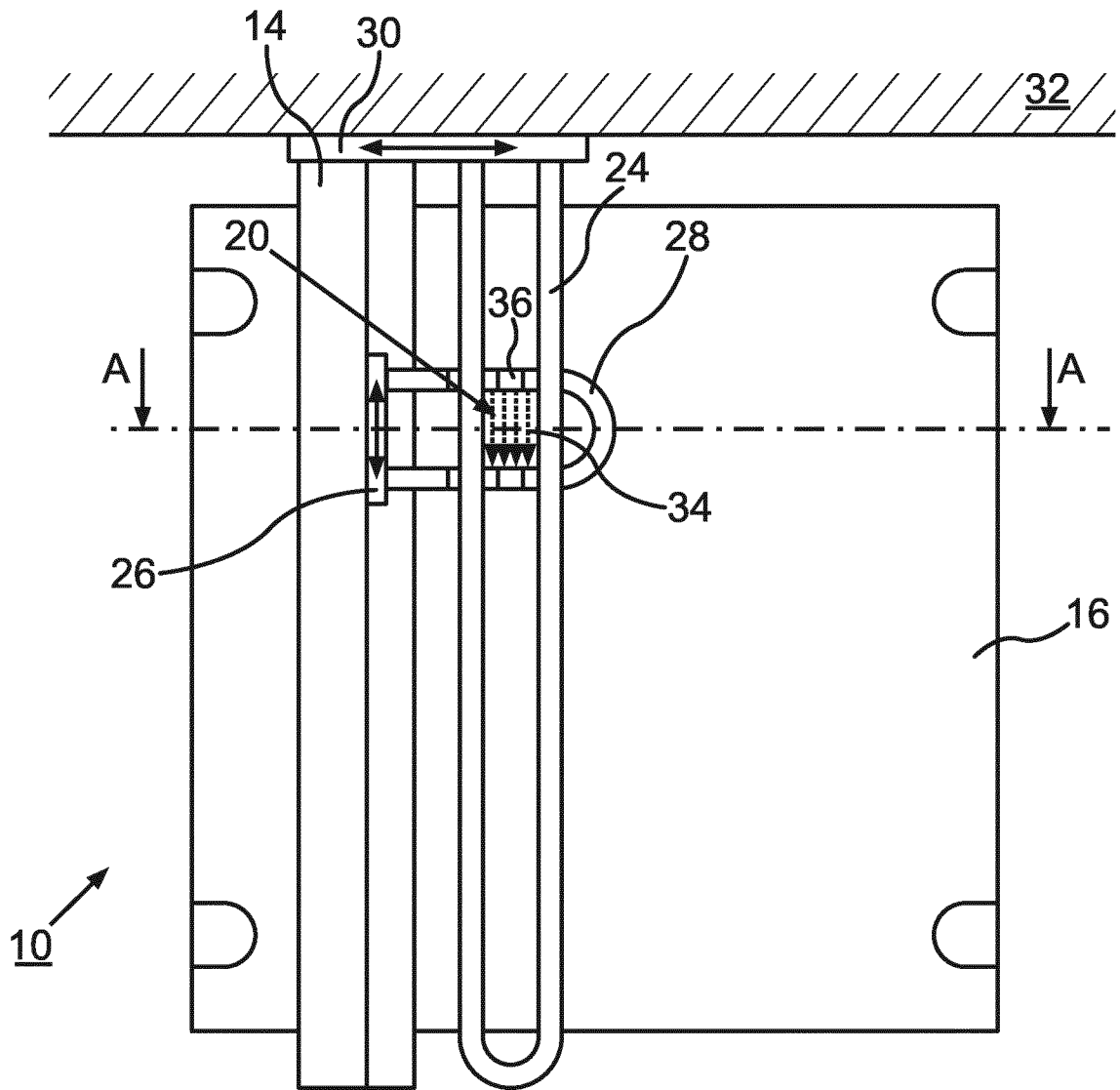


Fig.1

2/2

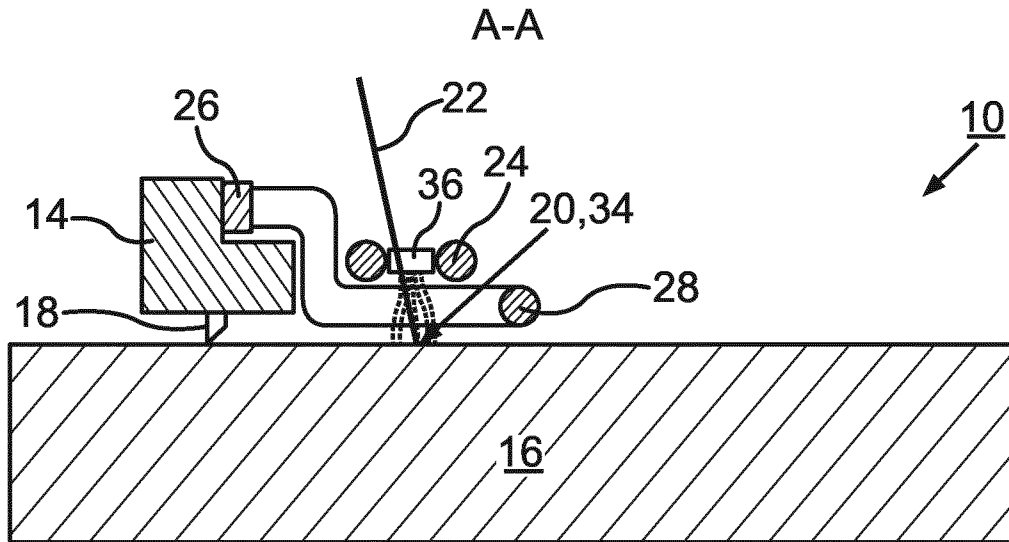


Fig.2

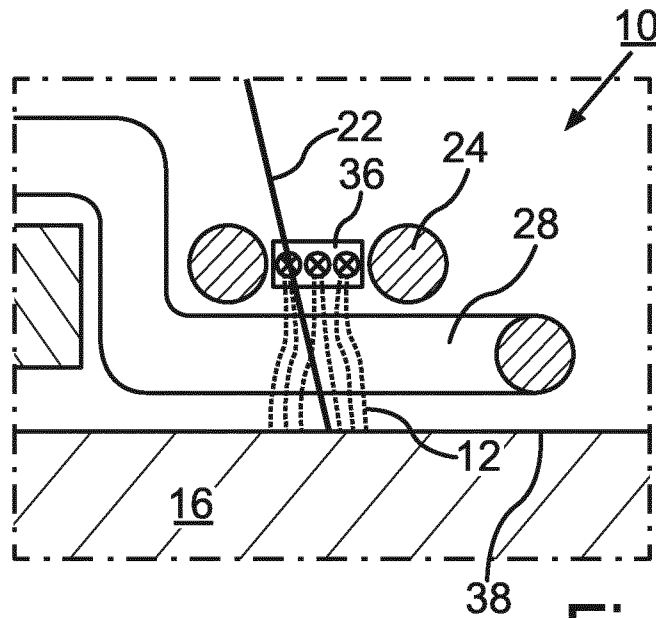


Fig.3