



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 003 412.8**

(22) Anmeldetag: **23.04.2018**

(43) Offenlegungstag: **24.10.2019**

(51) Int Cl.: **G01N 15/02 (2006.01)**

**B22F 3/105 (2006.01)**

**B23K 26/144 (2014.01)**

(71) Anmelder:  
**Kimme, Thomas, 09243 Niederfrohna, DE**

(72) Erfinder:  
**gleich Anmelder**

(74) Vertreter:  
**Krause, Wolfgang, Dr., 09648 Mittweida, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>6 995 334</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>5 396 333</b>	<b>A</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

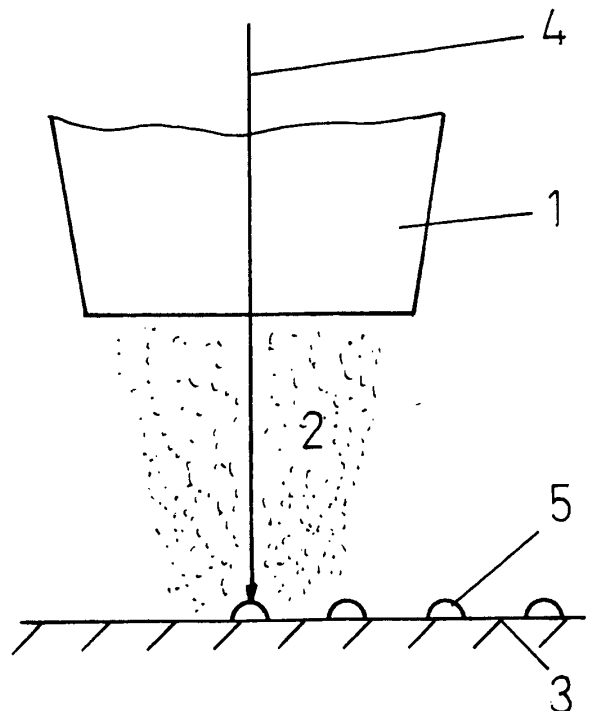
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Einrichtung zur Prüfung der Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse zum Beschichten von Körpern mit Laserstrahlung eines Lasers**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verfahren und Einrichtungen zur Prüfung der Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse und damit des Pulverauftrags der Pulverdüse als Bestandteil einer Pulverzufuhreinrichtung vor oder während des generativen Auftrags von Pulver zum Beschichten von Körpern mit Laserstrahlung eines Lasers.

Die Verfahren und Einrichtungen zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass die Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse einfach prüfbar ist.

Dazu wird der Körper mit der Laserstrahlung des Lasers an verschiedenen Stellen innerhalb des Pulverstrahls der Pulverdüse beaufschlagt. Wenigstens ein Abmessung des geschmolzenen und/oder gesinterten Auftrags wird mittels einer Messeinrichtung gemessen. Die Messdaten des geschmolzenen und/oder gesinterten Auftrags werden in Verbindung mit den Parametern der Zuführung des Pulvers auf den Körper und der Laserparameter in Raum und Zeit mit einem Datenverarbeitungssystem verarbeitet, so dass der Pulverauftrag der Pulverdüse ermittelt ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft Verfahren und Einrichtungen zur Prüfung der Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse und damit des Pulverauftrags der Pulverdüse als Bestandteil einer Pulverzufuhreinrichtung vor oder während des generativen Auftrags von Pulver zum Beschichten von Körpern mit Laserstrahlung eines Lasers.

**[0002]** Durch die DE 10 2011 009 345 B3 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung einer Partikeldichteverteilung im Strahl einer Düse bekannt. Dabei wird der Strahl von der Seite oder durch die Düse hindurch mit einer Lichtquelle beleuchtet und von den Partikeln reflektierte optische Strahlung durch die Düse hindurch mit einer Kamera erfasst. Mit der Kamera werden dabei in zeitlicher Abfolge Bilder der reflektierten optischen Strahlung unterschiedlicher Schichten des Düsenstrahls aufgezeichnet, aus denen die Partikeldichteverteilung im Düsenstrahl bestimmbar ist. Dazu sind die mit der Düse verbundene Kamera und die Lichtquelle zur Beleuchtung der Partikel notwendig. Weiterhin sind Abbildungsfehler aus Eigenschaftsänderungen insbesondere der Lichtquelle und der Umgebung nicht auszuschließen.

**[0003]** Der in den Patentansprüchen 1 und 7 angegebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse vor oder während des generativen Auftrags von Pulver einfach zu ermitteln.

**[0004]** Diese Aufgabe wird mit den in den Patentansprüchen 1 und 7 aufgeführten Merkmalen gelöst.

**[0005]** Die Verfahren und Einrichtungen zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass die Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse und damit des Pulverauftrags der Pulverdüse als Bestandteil einer Pulverzufuhreinrichtung vor oder während des generativen Auftrags von Pulver zum Beschichten von Körpern mit Laserstrahlung eines Lasers einfach prüfbar ist.

**[0006]** Dazu wird der Körper mit der Laserstrahlung des Lasers an verschiedenen Stellen innerhalb des Pulverstrahls der Pulverdüse beaufschlagt. Wenigstens ein Abmessung des geschmolzenen und/oder gesinterten Auftrags wird mittels einer Messeinrichtung gemessen. Die Messdaten des geschmolzenen und/oder gesinterten Auftrags werden in Verbindung mit den Parametern der Zuführung des Pulvers auf den Körper und der Laserparameter in Raum und Zeit mit einem Datenverarbeitungssystem verarbeitet, so dass der Pulverauftrag der Pulverdüse ermittelt ist.

**[0007]** Bei einer Einrichtung ist dazu die Pulverzufuhreinrichtung, der Laser und das Datenverarbeitungs-

system mit einer Messeinrichtung zur Messung wenigstens einer Abmessung von an verschiedenen Stellen innerhalb des Pulverstrahls der Pulverdüse mit Laserstrahlung des Lasers beaufschlagten und als Volumina auf dem Körper geschmolzenen und/oder gesinterten Pulvers verbunden ist. Das Datenverarbeitungssystem ist dazu ein den Pulverauftrag der Pulverzufuhreinrichtung mit der Pulverdüse in Abhängigkeit der Abmessung und der Laserparameter in Raum und Zeit ermittelndes Datenverarbeitungssystem.

**[0008]** Mit dem Verfahren und der Einrichtung ist es vorteilhafterweise möglich, die Partikeldichteverteilung am Austritt der Pulverdüse und damit den Pulverauftrag zu ermitteln. Das kann sowohl in Echtzeit vor oder während der Erzeugung der Schicht auf dem Körper als auch im Test mit einem Probekörper erfolgen.

**[0009]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Patentansprüchen 2 bis 6 und 8 bis 10 angegeben.

**[0010]** Zur Prüfung wird nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 2 der Laser mit verkleinertem Laserbrennfleck nacheinander an verschiedenen Stellen des im Pulverstrahl liegenden Körpers angeschaltet, so dass auf dem Körper vereinzelt Volumina als Testvolumina entstehen. Diese Volumina können punkt- oder linienförmige Erhebungen sein.

**[0011]** Der Körper wird nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 3 mit der Laserstrahlung des Lasers bei konstanter Lagebeziehung von Pulverdüse zu Körper beaufschlagt.

**[0012]** Der Körper wird nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 4 während der Relativbewegung zwischen der Laserstrahlung und Mündung der Pulverdüse bewegt, so dass einzelne und voneinander beabstandete Volumina auf dem Körper entstehen.

**[0013]** Die Beaufschlagung des Körpers erfolgt nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 5 punktförmig. Mit einem Ein- und Ausschalten der Laserstrahlung sind beabstandet zueinander angeordnete Volumina realisierbar. Diese können in Linien oder in einem Raster auf dem Körper angeordnet sein.

**[0014]** Die Zuführung des Pulvers zur Ausbildung der Schicht wird nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 6 mit dem Datenverarbeitungssystem so gesteuert, dass die geschmolzenen und/oder gesinterten aufgetragenen Schichtbereiche in die nachträglich zu erzeugende Schicht integriert werden.

**[0015]** Die Messeinrichtung weist nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 8 einen Triangulations-sensor auf.

**[0016]** Der Körper ist nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 9 ein Probekörper oder ein Bauteil.

**[0017]** In der Laserstrahlung befindet sich nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 10 ein Scanner zur Bewegung der Laserstrahlung relativ zur Pulverdüse, wobei das insbesondere ein ein- bis dreiachsig arbeitender Scanner sein kann.

**[0018]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen jeweils prinzipiell dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben.

**[0019]** Es zeigen:

**Fig. 1** eine Einrichtung zur Prüfung der Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse und

**Fig. 2** eine Einrichtung mit einer Messeinrichtung.

**[0020]** Im nachfolgenden Ausführungsbeispiel werden ein Verfahren und eine Einrichtung zur Prüfung der Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse 1 und damit des Pulverauftrags der Pulverdüse 1 als Bestandteil einer Pulverzufuhreinrichtung vor oder während des generativen Auftrags von Pulver 2 zum Beschichten von Körpern 3 mit Laserstrahlung 4 eines Lasers 6 zusammen näher erläutert.

**[0021]** Eine Einrichtung zur Prüfung der Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse 1 und damit des Pulverauftrags der Pulverdüse 1 als Bestandteil einer Pulverzufuhreinrichtung vor oder während des generativen Auftrags von Pulver 2 zum Beschichten von Körpern 3 mit Laserstrahlung 4 eines Lasers 6 in Verbindung mit einem Datenverarbeitungssystem 8 besteht im Wesentlichen aus der Pulverzufuhreinrichtung, dem Laser 6, dem Datenverarbeitungssystem 8 und einer Messeinrichtung 7 zur Messung wenigstens einer Abmessung mindestens eines Voluminas 5 auf dem Körper 3.

**[0022]** Die **Fig. 1** zeigt eine Einrichtung zur Prüfung der Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse 1 in einer prinzipiellen Darstellung.

**[0023]** Während des Auftrags von Pulver 2 auf den Körper 3 mit der Pulverdüse 1 erfolgt eine Beaufschlagung des Körpers 3 mit der Laserstrahlung 4 des Lasers 6 an verschiedenen Stellen innerhalb des Pulverstrahls der Pulverdüse 1. Für die so gegebenen Analysezwecke wird der Laserbrennfleck auf dem Körper 3 stark verkleinert und nacheinander an verschiedenen Stellen des im Pulverstrahl liegenden Körpers 3 kurz angeschaltet. Damit die erzeugten Volumina 5 als Einzelvolumina sich nicht gegenseitig beeinflussen oder getrennt analysiert werden können, wird dieser Relativbewegung zwischen Laserstrahlung 4 und Düsenmündung eine Vorschubbewegung

am Körper 3 überlagert, so dass einzelne Volumina 5 von geschmolzenen und/oder gesinterten Pulverpartikeln auf dem Körper 3 entstehen. Mittels der separaten Messeinrichtung 7 zur Messung wenigstens einer Abmessung mindestens eines Voluminas 5 auf dem Körper 3 können die Volumina 5 vermessen werden.

**[0024]** Die **Fig. 2** eine Einrichtung mit einer Messeinrichtung 7 in einer prinzipiellen Darstellung.

**[0025]** Die Bewegung der Laserstrahlung 4 kann mit einem ein- bis dreiachsig arbeitenden Scanner erfolgen. Durch das Ein- und Ausschalten der Laserstrahlung werden während der eingeschalteten Laserstrahlung 4 die Volumina 5 beabstandet zueinander erzeugt. Der Körper 3 kann dabei ein Probekörper oder das zu beschichtende Bauteil sein. Mittels der Messeinrichtung 7 wird wenigstens eine Abmessung der Volumina 5 gemessen. Die Pulverzufuhreinrichtung, der Laser 6 und die Messeinrichtung 7 sind zur Verarbeitung der Messdaten mit dem Datenverarbeitungssystem 8 verbunden, welches die Messdaten des geschmolzenen und/oder gesinterten Auftrags in Verbindung mit den Parametern der Zuführung des Pulvers 2 auf den Körper 3 und der Laserparameter in Raum und Zeit verarbeitet, so dass der Pulverauftrag der Pulverdüse 1 ermittelt ist. Die Messeinrichtung 7 kann einen Triangulationssensor aufweisen, so dass das Höhenprofil der Volumina 5 gegenüber der Oberfläche des Körpers 3 ermittelbar ist.

**[0026]** Die Zuführung des Pulvers 2 kann zur Ausbildung der Schicht mit dem Datenverarbeitungssystem 8 so gesteuert werden, dass die Volumina 5 der geschmolzenen und/oder gesinterten punktförmigen aufgetragenen Schichtbereiche in die nachträglich zu erzeugende Schicht integriert werden.

**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**

- DE 102011009345 B3 [0002]

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung der Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse (1) und damit des Pulverauftrags der Pulverdüse (1) als Bestandteil einer Pulverzufuhreinrichtung vor oder während des generativen Auftrags von Pulver (2) zum Beschichten von Körpern (3) mit Laserstrahlung (4) eines Lasers (6) mit folgenden Schritten:

- Beaufschlagung des Körpers (3) mit der Laserstrahlung (4) des Lasers (6) an verschiedenen Stellen innerhalb des Pulverstrahls der Pulverdüse (1),
- Messung von wenigstens einer Abmessung des geschmolzenen und/oder gesinterten Auftrags mit einer Messeinrichtung (7) und
- Verarbeitung der Messdaten des geschmolzenen und/oder gesinterten Auftrags in Verbindung mit den Parametern der Zuführung des Pulvers (2) auf den Körper (3) und der Laserparameter in Raum und Zeit mit einem Datenverarbeitungssystem (8), so dass der Pulverauftrag der Pulverdüse (1) ermittelt ist.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Prüfung der Laser (6) mit verkleinertem Laserbrennfleck nacheinander an verschiedenen Stellen des im Pulverstrahl liegenden Körpers (3) angeschaltet wird, so dass auf dem Körper (3) vereinzelte Volumina (5) als Testvolumina entstehen.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Körper (3) mit der Laserstrahlung (4) des Lasers (6) bei konstanter Lagebeziehung von Pulverdüse (1) zu Körper (3) beaufschlagt wird.

4. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Körper (3) während der Relativbewegung zwischen der Laserstrahlung (4) und Mündung der Pulverdüse (1) bewegt wird, so dass einzelne und voneinander beabstandete Volumina (5) auf dem Körper (3) entstehen.

5. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beaufschlagung des Körpers (3) punktförmig erfolgt.

6. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführung des Pulvers (2) zur Ausbildung der Schicht mit dem Datenverarbeitungssystem (8) so gesteuert wird, dass die geschmolzenen und/oder gesinterten aufgetragenen Schichtbereiche in die nachträglich zu erzeugende Schicht integriert werden.

7. Einrichtung zur Prüfung der Partikeldichteverteilung am Austritt einer Pulverdüse (1) und damit des Pulverauftrags der Pulverdüse (1) als Bestandteil einer Pulverzufuhreinrichtung vor oder während des

generativen Auftrags von Pulver (2) zum Beschichten von Körpern (3) mit Laserstrahlung (4) eines Lasers (6) in Verbindung mit einem Datenverarbeitungssystem (8), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pulverzufuhreinrichtung, der Laser (6) und das Datenverarbeitungssystem (8) mit einer Messeinrichtung (7) zur Messung wenigstens einer Abmessung von an verschiedenen Stellen innerhalb des Pulverstrahls der Pulverdüse (1) mit Laserstrahlung (4) des Lasers (6) beaufschlagten und als Volumina (5) auf dem Körper (3) geschmolzenen und/oder gesinterten Pulvers (2) verbunden ist und dass das Datenverarbeitungssystem (8) ein den Pulverauftrag der Pulverzufuhreinrichtung mit der Pulverdüse (1) in Abhängigkeit der Abmessung und der Laserparameter in Raum und Zeit ermittelndes Datenverarbeitungssystem (8) ist.

8. Einrichtung nach Patentanspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messeinrichtung (7) einen Triangulationssensor aufweist.

9. Einrichtung nach Patentanspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Körper (3) ein Probekörper oder ein Bauteil ist.

10. Einrichtung nach Patentanspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich in der Laserstrahlung (4) ein Scanner zur Bewegung der Laserstrahlung (4) relativ zur Pulverdüse (1) befindet.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

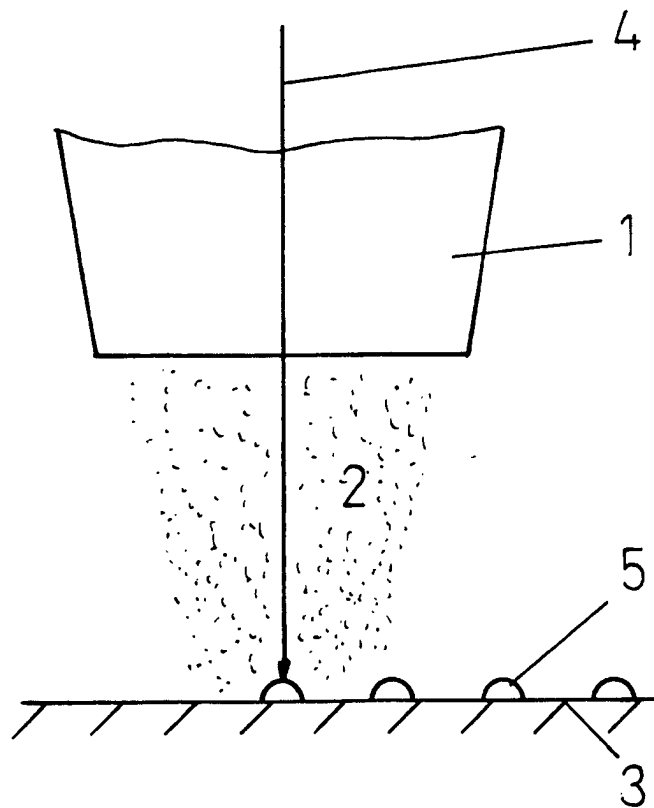


Fig. 1

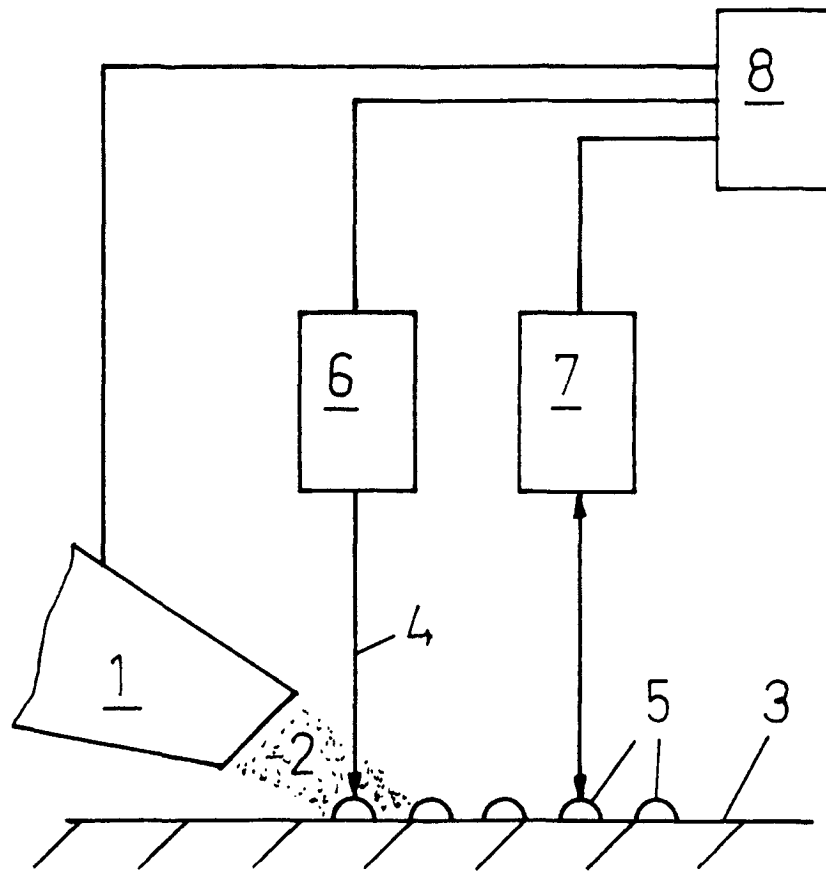


Fig. 2