

(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
29. November 2018 (29.11.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/215367 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/142 (2014.01) *B23K 26/16* (2006.01)
B23K 26/38 (2014.01) *A47L 9/00* (2006.01)
B23K 26/70 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/063197

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Mai 2018 (18.05.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 208 630.0
22. Mai 2017 (22.05.2017) DE

(71) Anmelder: TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN
GMBH + CO. KG [DE/DE]; Johann-Maus-Strasse 2,
71254 Ditzingen (DE).

(72) Erfinder: BAUER, Klaus; Konrad-Kocher-Strasse 11,
71254 Ditzingen (DE). BEUTTLER, Manuel; Lichtenstei-
ner Weg 9, 71229 Leonberg (DE). BOCKERMANN, Uwe;
Pappelweg 8/1, 71665 Vaihingen/Enz (DE). REICHERT,
Karl; Untere Talstrasse 17, 71263 Weil der Stadt (DE).

(74) Anwalt: TRUMPF PATENTABTEILUNG; TRUMPF
GmbH & Co. KG, TH501 Patente und Lizenzen, Jo-
hann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (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, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE EFFECTIVENESS OR CHANGE IN EFFECTIVENESS OF A SLAG REMOVAL,
AND ASSOCIATED LASER PROCESSING MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BESTIMMEN VON WIRKUNGSGRAD ODER WIRKUNGSGRADÄNDERUNGEN
EINER SCHLACKEABSAUGUNG UND ZUGEHÖRIGE LASERBEARBEITUNGSMASCHINE

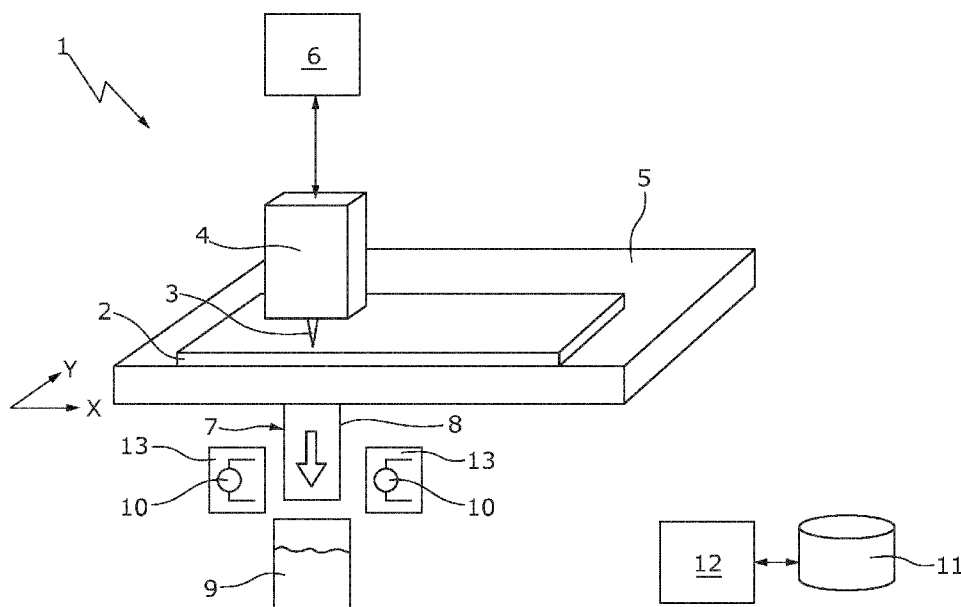


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining an effectiveness and/or a change in effectiveness of a slag removal of a laser processing machine (1), comprising the following steps: capturing a current flow noise generated during the slag removal; and determining the current effectiveness and/or the current change in effectiveness of the slag removal by comparing the captured current flow noise with at least one stored reference flow noise.

(57) Zusammenfassung: Das erfindungsgemäße Verfahren zum Bestimmen eines Wirkungsgrads und/oder einer Wirkungsgradände-

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, 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, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

rung einer Schlackeabsaugung einer Laserbearbeitungs-maschine (1) umfasst die folgenden Verfahrensschritte: - Aufnehmen eines bei der Schlackeabsaugung erzeugten, aktuellen Strömungs- geräuschs, und - Bestimmen des aktuellen Wirkungsgrads und/oder der aktuellen Wirkungsgrad-änderung der Schlackeabsaugung durch Vergleichen des aufgenommenen, ak-tuellen Strömungsgeräuschs mit mindestens einem gespeicherten Referenz-Strömungsgeräusch.

5

10

15

20

Verfahren zum Bestimmen von Wirkungsgrad oder Wirkungsgradänderungen
einer Schlackeabsaugung und zugehörige Laserbearbeitungsmaschine

25

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Wirkungsgrads und/oder einer Wirkungsgradänderung einer Schlackeabsaugung einer Laserbearbeitungsmaschine, sowie auch eine zugehörige Laserbearbeitungsmaschine mit einer Absaugeinrichtung zur Absaugung von Schlacke.

30

Die bei der Laserbearbeitung entstehende Schlacke (Schmelzetröpfchen oder Metallstäube) wird von einer Absaugeinrichtung abgesaugt und in Abfallbehältern gesammelt. Dabei kann es allerdings innerhalb der Absaugeinrichtung zu Schlackeablagerungen kommen, die durch Veränderung der Strömungsverhält-

nisse der Absaugung den Wirkungsgrad der Absaugung verringern sowie die Produktionsqualität und die Maschinensicherheit negativ beeinflussen, auch wenn die Absaugung selbst noch ausreichend Gas transportiert und somit gut zu laufen scheint, bspw. auf Grund von unerwünschten Turbulenzen oder Asymmetrien der Strömungsverhältnisse. Diese Schlackeablagerungen sind derzeit durch den Maschinenbediener oder Servicetechniker nur schwer und sehr spät zu erkennen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein zuverlässiges und automatisiert ablaufendes Verfahren zum Bestimmen eines Wirkungsgrads und/oder einer Wirkungsgradänderung der Schlackeabsaugung einer Laserbearbeitungsmaschine anzugeben sowie eine zum Durchführen des Verfahrens geeignete Laserbearbeitungsmaschine bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Bestimmen eines Wirkungsgrads und/oder einer Wirkungsgradänderung einer Schlackeabsaugung einer Laserbearbeitungsmaschine mit folgenden Verfahrensschritten gelöst:

- Aufnehmen eines bei der Schlackeabsaugung erzeugten, aktuellen Strömungsgeräuschs, und
- Bestimmen des aktuellen Wirkungsgrads und/oder der aktuellen Wirkungsgradänderung der Schlackeabsaugung durch Vergleichen des aufgenommenen, aktuellen Strömungsgeräuschs mit mindestens einem gespeicherten Referenz-Strömungsgeräusch.

Vorteilhaft werden das aktuelle Strömungsgeräusch und die Referenz-Strömungsgeräusche an demselben Aufnahmeort oder denselben Aufnahmeorten der Laserbearbeitungsmaschine aufgenommen.

Erfindungsgemäß werden die aktuellen Strömungsgeräusche der Laserbearbeitungsmaschine analysiert, um dadurch Strömungsänderungen beim Betrieb der Laserbearbeitungsmaschine zu erkennen und frühzeitig Gegenmaßnahmen durchzuführen. Durch intelligente Algorithmen des Maschinellen Lernens und das Wissen über aktuelle Strömungswerte können Modelle aus den Strömungsgeräuschen gelernt werden, welche es erlauben, Strömungsveränderungen zu erkennen und dynamisch darauf zu reagieren. Das aufgenommene, aktuelle Strömungsgeräusch kann mit dem mindestens einen gespeicherten Referenz-

Strömungsgeräusch beispielsweise mittels Audioanalyse, insbesondere Fourieranalyse, verglichen und ausgewertet werden.

Die Erfindung hat insbesondere folgende Vorteile:

- 5 - frühzeitige Erkennung von Betriebsstörungen,
- Verringerung des Ausschusses und damit verbundene Produktivitätsverbesserung,
- Verbesserung der Bearbeitungsqualität,
- Erhöhung der Arbeitssicherheit.

10

In einer besonders bevorzugten Verfahrensvariante wird der aktuelle Wirkungsgrad durch Vergleichen des aufgenommenen, aktuellen Strömungsgeräuschs mit mehreren gespeicherten Referenz-Strömungsgeräuschen bestimmt, die zuvor an einer Laserbearbeitungsmaschine bei unterschiedlichen Wirkungsgraden der

15

Schlackeabsaugung aufgenommen oder zuvor für unterschiedliche Wirkungsgrade der Schlackeabsaugung simuliert worden sind. Um insbesondere das maschinelle Lernen zu ermöglichen, das später verwendet wird, um anhand des aufgenommenen, aktuellen Strömungsgeräuschs den Wirkungsgrad der

20

Schlackeabsaugung zu ermitteln, werden entweder an realen Absaugrohren das Strömungsgeräusch und der Wirkungsgrad bei verschiedenen Situationen (z.B. Ort und Menge der Schlackeabsaugung) gemessen oder solche Daten mit Hilfe einer Simulation gewonnen. Vorzugsweise wird für jedes aufgenommene Referenz-Strömungsgeräusch der zugehörige Wirkungsgrad der Absaugung ermittelt und gespeichert.

25

In einer anderen bevorzugten Verfahrensvariante wird das an einer neuen oder neuwertigen Schlackeabsaugung aufgenommene Strömungsgeräusch als Referenz-Strömungsgeräusch gespeichert und die aktuelle Wirkungsgradänderung der Schlackeabsaugung anhand der Abweichung des aufgenommenen, aktuellen

30

Strömungsgeräuschs von diesem Referenz-Strömungsgeräusch bestimmt. Ausgehend von einer neuen oder neuwertigen Schlackeabsaugung, bei der noch keinerlei Schlackeablagerungen vorhanden sind und der Absaugquerschnitt somit maximal ist, verändert sich mit zunehmender Schlackeablagerung, d.h. mit abnehmendem Absaugquerschnitt, das Strömungsgeräusch hin zu anderen Fre-

quenzen. Anhand dieser Frequenzänderung kann die aktuelle Wirkungsgradänderung relativ zur neuen oder neuwertigen Schlackeabsaugung bestimmt werden.

- 5 In einer weiteren bevorzugten Verfahrensvariante werden die bei der Schlackeabsaugung erzeugten Strömungsgeräusche fortlaufend aufgenommen und als Referenz-Strömungsgeräusche gespeichert; die relative Wirkungsgradänderung der aktuellen Schlackeabsaugung wird dann anhand der Abweichung des aufgenommenen, aktuellen Strömungsgeräuschs von diesen Referenz-Strömungsgeräuschen bzw. von deren zeitlichem Verlauf bestimmt.

- Für den Fall, dass der bestimmte, aktuelle Wirkungsgrad einen vorgegebenen Mindestwirkungsgrad unterschreitet oder die bestimmte, aktuelle Wirkungsgradänderung eine vorgegebene Maximaländerung überschreitet, wird bevorzugt eine
15 entsprechende Warnung an das Maschinenpersonal ausgegeben und das nächste Wartungsintervall der Absaugung an den bestimmten, aktuellen Wirkungsgrad oder an die bestimmte, aktuelle Wirkungsgradänderung angepasst.

- Vorzugsweise werden das aktuelle Strömungsgeräusch und/oder die Referenz-
20 Strömungsgeräusche von einem oder von mehreren stationär oder temporär an der Laserbearbeitungsmaschine angebrachten Mikrofonen aufgenommen.

- Besonders bevorzugt werden der aktuelle Wirkungsgrad und/oder die aktuelle Wirkungsgradänderung der Absaugung anhand der Referenz-Strömungsgeräusche mittels maschinellen Lernens bestimmt. Das maschinelle Lernen, bspw. unter Verwendung eines neuronalen Netzwerks, ermöglicht es, in den Referenzdaten bestimmte Muster zu erkennen und dadurch auch bestimmte Fehlerarten zu identifizieren. Ein solches System, das für Zwecke des maschinellen Lernens genutzt werden kann, ist bspw. die Cloud-Plattform Microsoft Azure.

30

Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt auch eine Laserbearbeitungsmaschine mit einer Absaugeinrichtung zur Absaugung von Schlacke, mit mindestens einem Mikrofon (Akustiksensord) zur Aufnahme von bei der Schlackeabsaugung erzeugten Strömungsgeräuschen der Absaugeinrichtung, mit einem Datenspei-

cher zum Speichern mindestens eines Referenz-Strömungsgeräuschs und mit einer Auswerteeinheit, die mit dem mindestens einen Mikrofon und dem Datenspeicher verbunden ist, zur Bestimmung eines aktuellen Wirkungsgrads und/oder einer aktuellen Wirkungsgradänderung der Schlackeabsaugung durch Vergleich
5 eines bei der Schlackeabsaugung erzeugten, aktuellen Strömungsgeräuschs mit dem mindestens einen gespeicherten Referenz-Strömungsgeräusch. Durch das mindestens eine an oder in der Laserbearbeitungsmaschine platzierte Mikrofon werden die Strömungsgeräusche der Schlackeabsaugung aufgezeichnet und an die Auswerteeinheit zur Weiterverarbeitung und Auswertung weitergeleitet. Vor-
10 teilhaft sind mehrere Mikrofone an unterschiedlichen Orten der Laserbearbeitungsmaschine angebracht, um das Strömungsgeräusch der Schlackeabsaugung aus unterschiedlichen Richtungen aufzunehmen.

Vorzugsweise sind im Datenspeicher mehrere Referenz-Strömungsgeräusche, die
15 an der Laserbearbeitungsmaschine bei unterschiedlichen Wirkungsgraden der Schlackeabsaugung aufgenommen oder für unterschiedliche Wirkungsgrade der Schlackeabsaugung simuliert worden sind, samt ihren jeweils zugehörigen Wirkungsgraden gespeichert.

20 Das oder die Mikrofone sind an oder in der Laserbearbeitungsmaschine stationär oder temporär angebracht und können im letzteren Fall jeweils durch ein Mikrofon eines Computers oder eines mobilen Kommunikationsgeräts gebildet sein, welches mit der Auswerteeinheit verbunden ist. Mobiles Kommunikationsgerät dient als übergeordneter Begriff für Smartgeräte mit eingebautem Mikrofon, wie z.B.
25 Smartphone, Tablet oder Minicomputer.

Die Erfindung betrifft schließlich auch ein Computerprogrammprodukt, welches Codemittel aufweist, die zum Durchführen aller Schritte des oben beschriebenen Verfahrens angepasst sind, wenn das Programm auf einer Steuerung einer Laser-
30 bearbeitungsmaschine abläuft.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstands der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung, den Ansprüchen und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale je

für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

5

Es zeigt:

Fig. 1 schematisch eine erfindungsgemäße Laserbearbeitungsmaschine zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

10

Die in **Fig. 1** schematisch gezeigte Laserbearbeitungsmaschine **1** dient zum Bearbeiten eines Werkstücks (z.B. Blech) **2** mittels eines Laserstrahls **3**, der aus einem Laserbearbeitungskopf **4** der Maschine **1** in Richtung auf das Werkstück **2** austritt.

15 Der Laserbearbeitungskopf **4** und das auf einer Werkstückauflage **5** aufliegende Werkstück **2** sind mittels nicht gezeigter Antriebe in Richtung der X- und Y-Achsen relativ zueinander bewegbar gelagert. Eine Maschinensteuerung **6** dient sowohl zum Ansteuern der Antriebe als auch zum Ansteuern des Laserstrahls **3**. Zur Absaugung von Schlacke (Schmelzetröpfchen oder Metallstäube), die bei der Laser-

20 bearbeitung, insbesondere beim Laserschmelzschneiden, entsteht, ist unterhalb der Werkstückauflage **5** eine Absaugeinrichtung **7** angeordnet, die die abgesaugte Schlacke über ein Absaugrohr **8** einem Abfallbehälter **9** zuführt.

Die Maschine **1** umfasst ferner ein oder mehrere Mikrofone **10** zur Aufnahme von

25 bei der Schlackeabsaugung erzeugten Strömungsgeräuschen der Absaugeinrichtung **7**, einen Datenspeicher **11** und eine Auswerteeinheit **12**, die mit den Mikrofonen **10** und mit dem Datenspeicher **11** verbunden ist, zum Auswerten der aufgenommenen Strömungsgeräusche. Im Datenspeicher **11** sind reale Referenz-Strömungsgeräusche, die an der Laserbearbeitungsmaschine **1** bei unterschiedli-

30 chen Wirkungsgraden der Schlackeabsaugung aufgenommen worden sind, samt ihren jeweils zugehörigen Wirkungsgraden gespeichert. Alternativ können die gespeicherten Referenz-Strömungsgeräusche auch durch eine Simulation der Schlackeabsaugung bei unterschiedlichen Wirkungsgraden gewonnen worden sein.

Die Mikrofone 10 können fest in der Maschine 1 installiert sein oder wie im gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils durch Mikrofone von mobilen Kommunikationsgeräten (hier in Form von Smartphones) 13 gebildet sein, die an vorbestimmten

5 Messorten an der Maschine angebracht sind. Auf den Smartphones 13 läuft eine spezielle Anwendung, über die das Mikrofon 10 des Smartphones 13 angesteuert wird, um die bei der Schlackeabsaugung erzeugten Strömungsgeräusche („Audio-signale“) der Absaugeinrichtung 7 aufzunehmen. Die Maschine 1 wird nun in einem iterativen Prozess mit Referenzprogrammen verwendet. Die aufgezeichneten

10 Strömungsgeräusche werden von den Smartphones 13 drahtlos, z.B. per Bluetooth-Verbindung, an die Auswerteeinheit 12 gesendet und zusammen mit gemessenen oder simulierten Wirkungsgraden der Schlackeabsaugung als Referenz-Strömungsgeräusche im Datenspeicher 11 gespeichert. Dabei kann die Auswerteeinheit 12 Algorithmen des maschinellen Lernens verwenden, um Modelle

15 für unterschiedliche Strömungszustände zu lernen.

Wenn ausreichend Referenzdaten gesammelt worden sind, um stabile Modelle zu lernen, startet die zweite Phase. Hier verwenden Kunden, Servicetechniker oder Maschinenbediener ein beliebiges Smartphone 13, auf welchem die spezielle Anwendung läuft. Der Anwender platziert sein Smartphone 13 an einem vorher definierten Messort oder hält es an eine bestimmte Position. Daraufhin wird das bei

20 der Schlackeabsaugung erzeugte, aktuelle Strömungsgeräusch der Absaugeinrichtung 7 aufgezeichnet und vom Smartphone 13 drahtlos, z.B. per Bluetooth-Verbindung, an die Auswerteeinheit 12 geleitet, die das aktuelle Strömungsgeräusch anhand der gespeicherten Referenz-Strömungsgeräusche analysiert und eine Wirkungsgrad-Bestimmung („Klassifikation“) durchführt. Das Ergebnis der Klassifikation wird dem Anwender auf dem Smartphone 13 angezeigt, der dann Abweichungen in den Strömungen erkennen und dynamisch darauf reagieren kann. Ebenfalls können so automatisiert Berichte generiert oder Wartungszyklen

25 der Absaugeinrichtung 7 angepasst werden.

30

Alternativ kann auch nur das an einer neuen oder neuwertigen Schlackeabsaugung aufgenommene Strömungsgeräusch als Referenz-Strömungsgeräusch im Datenspeicher 11 gespeichert werden. Ausgehend von

einer neuen oder neuwertigen Absaugeinrichtung 7, bei der noch keinerlei Schlackeablagerungen vorhanden sind und der Absaugquerschnitt somit maximal ist, verändert sich mit zunehmender Schlackeablagerung, d.h. mit abnehmenden Absaugquerschnitt, das Strömungsgeräusch hin zu anderen Frequenzen, bspw. auf Grund verringerter Absauggeschwindigkeit. Anhand dieser Frequenzänderung kann die aktuelle Wirkungsgradänderung relativ zur neuen oder neuwertigen Schlackeabsaugung bestimmt werden.

In einer anderen Verfahrensvariante werden die bei der Schlackeabsaugung erzeugten Strömungsgeräusche der Absaugeinrichtung 7 fortlaufend von einem oder mehreren fest installierten Mikrofonen 10 aufgenommen und als Referenz-Strömungsgeräusche gespeichert. Anhand der Abweichung des aufgenommenen, aktuellen Strömungsgeräuschs von diesen Referenz-Strömungsgeräuschen bzw. von deren zeitlichem Verlauf kann dann die relative Wirkungsgradänderung der aktuellen Schlackeabsaugung bestimmt und somit fortlaufend überwacht werden.

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Wirkungsgrads und/oder einer Wirkungsgradänderung einer Schlackeabsaugung einer Laserbearbeitungsmaschine (1), mit folgenden Verfahrensschritten:
 - 10 - Aufnehmen eines bei der Schlackeabsaugung erzeugten, aktuellen Strömungsgeräuschs, und
 - Bestimmen des aktuellen Wirkungsgrads und/oder der aktuellen Wirkungsgradänderung der Schlackeabsaugung durch Vergleichen des aufgenommenen, aktuellen Strömungsgeräuschs mit mindestens einem gespeicherten Referenz-Strömungsgeräusch.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das aufgenommene, aktuelle Strömungsgeräusch mit dem mindestens einen gespeicherten Referenz-Strömungsgeräusch mittels Audioanalyse, insbesondere
20 Fourieranalyse, verglichen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der aktuelle Wirkungsgrad durch Vergleichen des aufgenommenen, aktuellen Strömungsgeräuschs mit mehreren gespeicherten Referenz-Strömungsgeräuschen bestimmt wird, die an der Laserbearbeitungsmaschine (1) bei
25 unterschiedlichen Wirkungsgraden der Schlackeabsaugung aufgenommen oder für unterschiedliche Wirkungsgrade der Schlackeabsaugung simuliert worden sind.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das an einer neuen oder neuwertigen Schlackeabsaugung aufgenommene Strömungsgeräusch als Referenz-Strömungsgeräusch gespeichert wird und die aktuelle Wirkungsgradänderung der Schlackeabsaugung anhand der Ab-

weichung des aufgenommenen, aktuellen Strömungsgeräuschs von diesem Referenz-Strömungsgeräusch bestimmt wird.

- 5 5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die bei der Schlackeabsaugung erzeugten Strömungsgeräusche fortlaufend aufgenommen und als Referenz-Strömungsgeräusche gespeichert werden und die aktuelle Wirkungsgradänderung der Schlackeabsaugung anhand der Abweichung des aufgenommenen, aktuellen Strömungsgeräuschs von diesen Referenz-Strömungsgeräuschen bestimmt wird.
- 10 6. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für jedes aufgenommene Referenz-Strömungsgeräusch der zugehörige Wirkungsgrad der Absaugung ermittelt wird.
- 15 7. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das aktuelle Strömungsgeräusch und die Referenz-Strömungsgeräusche an demselben Aufnahmeort oder denselben Aufnahmeorten der Laserbearbeitungsmaschine (1) aufgenommen werden.
- 20 8. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für den Fall, dass der bestimmte, aktuelle Wirkungsgrad einen vorgegebenen Mindestwirkungsgrad unterschreitet oder die bestimmte, aktuelle Wirkungsgradänderung eine vorgegebene Maximaländerung überschreitet, eine entsprechende Warnung an das Maschinenpersonal ausgegeben wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das nächste Wartungsintervall der Absaugung an den bestimmten, aktuellen Wirkungsgrad oder an die bestimmte, aktuelle Wirkungsgradänderung angepasst wird.
- 30 10. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das aktuelle Strömungsgeräusch und/oder die Referenz-Strömungsgeräusche von mindestens einem an oder in der Laserbearbei-

tungsmaschine (1) angebrachten Mikrofon (10), insbesondere vom Mikrofon eines an der Laserbearbeitungsmaschine (1) angebrachten, mobilen Kommunikationsgeräts (13), aufgenommen werden.

- 5 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das aktuelle Strömungsgeräusch und/oder die Referenz-Strömungsgeräusche von mehreren, an oder in der Laserbearbeitungsmaschine (1) angebrachten Mikrofonen (10), insbesondere von Mikrofonen mehrerer an der Laserbearbeitungsmaschine (1) angebrachter, mobiler Kommunikationsgeräte (13), aufgenommen werden.
- 10
12. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der aktuelle Wirkungsgrad und/oder die aktuelle Wirkungsgradänderung der Absaugung mittels maschinellen Lernens anhand der Referenz-Strömungsgeräusche bestimmt wird.
- 15
13. Laserbearbeitungsmaschine (1) mit einer Absaugeinrichtung (7) zur Absaugung von Schlacke, gekennzeichnet durch:
- mindestens ein Mikrofon (10) zur Aufnahme von bei der
 - 20 Schlackeabsaugung erzeugten Strömungsgeräuschen der Absaugeinrichtung (7),
 - einen Datenspeicher (11) zum Speichern mindestens eines Referenz-Strömungsgeräuschs, und
 - eine Auswerteeinheit (12), die mit dem mindestens einen Mikrofon (10)
 - 25 und dem Datenspeicher (11) verbunden ist, zur Bestimmung eines aktuellen Wirkungsgrads und/oder einer aktuellen Wirkungsgradänderung der Schlackeabsaugung durch Vergleich eines bei der Schlackeabsaugung erzeugten, aktuellen Strömungsgeräuschs mit dem mindestens einen gespeicherten Referenz-Strömungsgeräusch.
- 30
14. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass im Datenspeicher (11) mehrere Referenz-Strömungsgeräusche, die an der Laserbearbeitungsmaschine (1) bei unterschiedlichen Wirkungsgraden der Schlackeabsaugung aufgenommen oder für unterschiedliche Wir-

kungsgrade der Schlackeabsaugung simuliert worden sind, samt ihren jeweils zugehörigen Wirkungsgraden gespeichert sind.

- 5 15. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Mikrofon (10) stationär in oder an der Laserbearbeitungsmaschine (1) angebracht ist.
- 10 16. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Mikrofon (10) durch ein Mikrofon eines mobilen Kommunikationsgeräts (13) gebildet ist, das mit der Auswerteeinheit (12) verbunden ist.
- 15 17. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Mikrofone (10) an unterschiedlichen Orten der Laserbearbeitungsmaschine (1) angebracht sind.
- 20 18. Computerprogrammprodukt, welches Codemittel aufweist, die zum Durchführen aller Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 angepasst sind, wenn das Programm auf einer Steuerung (6) einer Laserbearbeitungsmaschine (1) abläuft.

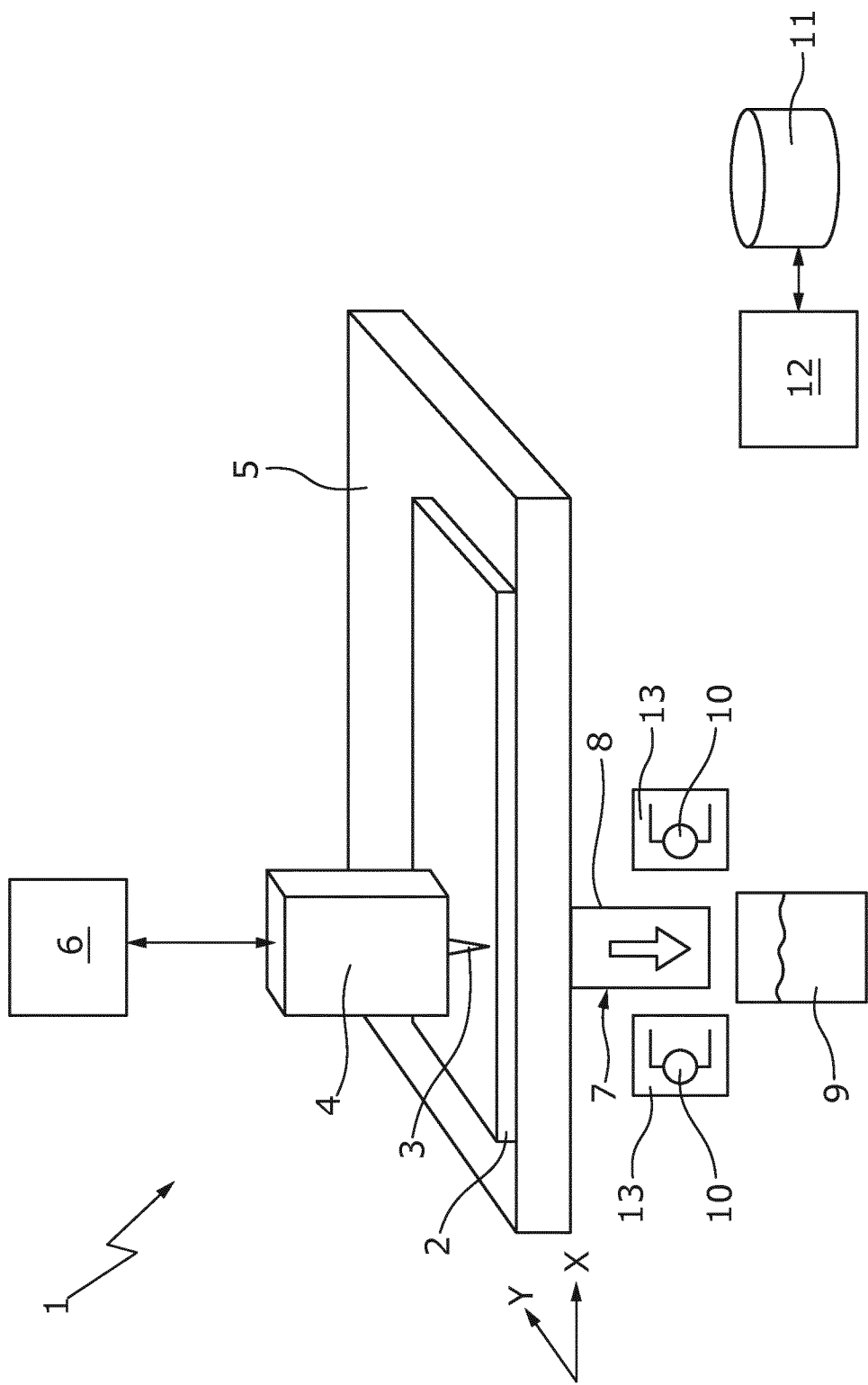


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/063197**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B23K 26/142**(2014.01)i; **B23K 26/38**(2014.01)i; **B23K 26/70**(2014.01)i; **B23K 26/16**(2006.01)i; **A47L 9/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K; A47L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2016151733 A1 (FISCHER PAUL [AT] ET AL) 02 June 2016 (2016-06-02) paragraphs [0013], [0026], [0027], [0032], [0044] - [0049], [0064]; figure 3	2,3,5,7,10-12,16,17
Y	JP 2002328017 A (CANON KK) 15 November 2002 (2002-11-15) abstract; figure 1	15
Y	DE 102010048208 A1 (KUEBRICH INGENIEURGMBH & CO KG [DE]) 19 April 2012 (2012-04-19) paragraphs [0001], [0008] - [0010], [0016]; figure 1	1-18
A	US 2011284512 A1 (STORK GENANNT WERSBORG INGO [DE]) 24 November 2011 (2011-11-24) paragraph [0093]; figures 1,3	1-18
A	CN 106425126 A (YANCHENG INST TECHNOLOGY) 22 February 2017 (2017-02-22) abstract; figure 1	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 August 2018

Date of mailing of the international search report

24 August 2018

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Seiderer, Jens

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/063197**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Ult Umwelt - Lufttechnik. "Absaug- und Filtertechnologie für Laserrauch" 31 March 2016 (2016-03-31), pages 1-12, Retrieved from the Internet: https://www.ult.de/images/content/download/02_geraeteserien/LAS_absauganlagen_filtertechnik_laserrau ch_dt_2016.pdf [retrieved on 2018-08-16] XP055500167 pages 1-7	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/063197

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2016151733	A1	02 June 2016	CN	105473205	A	06 April 2016
				EP	2826536	A1	21 January 2015
				EP	3021954	A1	25 May 2016
				JP	6158439	B2	05 July 2017
				JP	2016525010	A	22 August 2016
				RU	2016105071	A	22 August 2017
				US	2016151733	A1	02 June 2016
				WO	2015007583	A1	22 January 2015
JP	2002328017	A	15 November 2002	NONE			
DE	102010048208	A1	19 April 2012	NONE			
US	2011284512	A1	24 November 2011	CA	2743518	A1	27 May 2010
				CA	2743522	A1	27 May 2010
				CN	102281984	A	14 December 2011
				CN	102292187	A	21 December 2011
				EP	2365889	A1	21 September 2011
				EP	2365890	A1	21 September 2011
				HK	1164786	A1	02 December 2016
				JP	5762968	B2	12 August 2015
				JP	5763542	B2	12 August 2015
				JP	2012509189	A	19 April 2012
				JP	2012509190	A	19 April 2012
				KR	20110095381	A	24 August 2011
				KR	20110099250	A	07 September 2011
				RU	2011125317	A	27 December 2012
				RU	2011125341	A	27 December 2012
				US	2011278277	A1	17 November 2011
				US	2011284512	A1	24 November 2011
				WO	2010057661	A1	27 May 2010
				WO	2010057662	A1	27 May 2010
				ZA	201104525	B	28 March 2012
				ZA	201104527	B	28 March 2012
CN	106425126	A	22 February 2017	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B23K26/142 B23K26/38 B23K26/70 B23K26/16 A47L9/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B23K A47L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2016/151733 A1 (FISCHER PAUL [AT] ET AL) 2. Juni 2016 (2016-06-02) Absätze [0013], [0026], [0027], [0032], [0044] - [0049], [0064]; Abbildung 3 -----	2,3,5,7, 10-12, 16,17
Y	JP 2002 328017 A (CANON KK) 15. November 2002 (2002-11-15) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	15
Y	DE 10 2010 048208 A1 (KUEBRICH INGENIEURGBH & CO KG [DE]) 19. April 2012 (2012-04-19) Absätze [0001], [0008] - [0010], [0016]; Abbildung 1 ----- -/-	1-18
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
16. August 2018		24/08/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Seiderer, Jens

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2011/284512 A1 (STORK GENANNT WERSBORG INGO [DE]) 24. November 2011 (2011-11-24) Absatz [0093]; Abbildungen 1,3 -----	1-18
A	CN 106 425 126 A (YANCHENG INST TECHNOLOGY) 22. Februar 2017 (2017-02-22) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-18
Y	Ult Umwelt - Lufttechnik: "Absaug- und Filtertechnologie für Laserrauch", 31. März 2016 (2016-03-31), Seiten 1-12, XP055500167, Gefunden im Internet: URL: https://www.ult.de/images/content/download/02_geraeteserien/LAS_absauganlagen_filtertechnik_laserrauch_dt_2016.pdf [gefunden am 2018-08-16] Seiten 1-7 -----	1-18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/063197

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2016151733	A1	02-06-2016	CN	105473205 A	06-04-2016
			EP	2826536 A1	21-01-2015
			EP	3021954 A1	25-05-2016
			JP	6158439 B2	05-07-2017
			JP	2016525010 A	22-08-2016
			RU	2016105071 A	22-08-2017
			US	2016151733 A1	02-06-2016
			WO	2015007583 A1	22-01-2015

JP 2002328017	A	15-11-2002	KEINE		

DE 102010048208	A1	19-04-2012	KEINE		

US 2011284512	A1	24-11-2011	CA	2743518 A1	27-05-2010
			CA	2743522 A1	27-05-2010
			CN	102281984 A	14-12-2011
			CN	102292187 A	21-12-2011
			EP	2365889 A1	21-09-2011
			EP	2365890 A1	21-09-2011
			HK	1164786 A1	02-12-2016
			JP	5762968 B2	12-08-2015
			JP	5763542 B2	12-08-2015
			JP	2012509189 A	19-04-2012
			JP	2012509190 A	19-04-2012
			KR	20110095381 A	24-08-2011
			KR	20110099250 A	07-09-2011
			RU	2011125317 A	27-12-2012
			RU	2011125341 A	27-12-2012
			US	2011278277 A1	17-11-2011
			US	2011284512 A1	24-11-2011
			WO	2010057661 A1	27-05-2010
			WO	2010057662 A1	27-05-2010
			ZA	201104525 B	28-03-2012
			ZA	201104527 B	28-03-2012

CN 106425126	A	22-02-2017	KEINE		
