

(19)



(11)

**EP 3 048 181 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.12.2018 Patentblatt 2018/51**

(51) Int Cl.:  
**C23C 4/08 (2016.01) C23C 4/12 (2016.01)**  
**C23C 4/16 (2016.01) B05B 13/06 (2006.01)**  
**B05B 13/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **15151718.2**

(22) Anmeldetag: **20.01.2015**

**(54) Anlage und Verfahren zur metallischen Beschichtung eines Werkstücks**

Installation and method for producing a metallic coating on a workpiece

Installation et procédé de revêtement métallique d'une pièce

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**27.07.2016 Patentblatt 2016/30**

(73) Patentinhaber: **Sturm Maschinen- & Anlagenbau GmbH**  
**94330 Salching (DE)**

(72) Erfinder:  
 • **Ebenbeck, Andreas**  
**94315 Straubing (DE)**  
 • **Aufschläger, Gerhard**  
**94447 Plattling (DE)**  
 • **Kesting, Marc**  
**94315 Straubing (DE)**  
 • **Völlinger, Ralf**  
**94315 Straubing (DE)**

(74) Vertreter: **Wunderlich & Heim Patentanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Irmgardstrasse 3**  
**81479 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A1- 19 910 665 DE-B3-102012 109 203**  
**US-A1- 2005 081 790 US-A1- 2014 004 255**

- "Atmospheric Plasma Spray Solutions", Issue 5 - October 2014, 1. Oktober 2014 (2014-10-01), XP055175949, Gefunden im Internet: URL:[http://www.oerlikon.com/ecomaXL/files/metco/oerlikon\\_Plasma\\_Solutions\\_EN5.pdf&download=1](http://www.oerlikon.com/ecomaXL/files/metco/oerlikon_Plasma_Solutions_EN5.pdf&download=1) [gefunden am 2015-03-12]
- "An Introduction to Thermal Spray", Issue 5 - October 2014, 1. Oktober 2014 (2014-10-01), XP055175975, Gefunden im Internet: URL:[http://www.oerlikon.com/ecomaXL/files/metco/oerlikon\\_Thermal\\_Spray\\_Brochure\\_EN5.pdf&download=1](http://www.oerlikon.com/ecomaXL/files/metco/oerlikon_Thermal_Spray_Brochure_EN5.pdf&download=1) [gefunden am 2015-03-12]
- A. NADEAU ET AL: "A New Approach to Online Thickness Measurement of Thermal Spray Coatings", JOURNAL OF THERMAL SPRAY TECHNOLOGY, Bd. 15, Nr. 4, 15. Mai 2006 (2006-05-15), Seiten 744-749, XP055175744, ISSN: 1059-9630, DOI: 10.1361/105996306X147054
- "Thermal Spray Turnkey Coating Systems", , 4. November 2014 (2014-11-04), XP055176279, Gefunden im Internet: URL:[http://www.oerlikon.com/ecomaXL/files/metco/oerlikon\\_Flyer\\_Turnkey\\_Systems\\_EN1.pdf&download=1](http://www.oerlikon.com/ecomaXL/files/metco/oerlikon_Flyer_Turnkey_Systems_EN1.pdf&download=1) [gefunden am 2015-03-13]

**EP 3 048 181 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Anlage zur metallischen Beschichtung eines Werkstücks mit einer Beschichtungsvorrichtung, welche eine verfahrbare Beschichtungslanze aufweist, durch welche ein Metall-Plasmastrahl zum Bilden einer Beschichtung aus Metallpartikeln erzeugbar ist, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur metallischen Beschichtung eines Werkstücks mit einer verfahrbaren Beschichtungslanze, durch welche ein Metall-Plasmastrahl erzeugt wird, wobei eine metallische Beschichtung aus Metallpartikeln an dem Werkstück gebildet wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 12.

**[0003]** Insbesondere im Motorenbau ist es erforderlich, die Laufflächen von Zylinderbohrungen mit einer speziellen metallischen Beschichtung zu versehen, damit hinreichende Reibungs- und Schmierbedingungen zwischen der Zylinderlauffläche und einem Zylinderkolben gewährleistet sind. Dies gilt vor allem dann, wenn sowohl das Motorengehäuse wie auch der Zylinderkolben aus demselben Metall, etwa aus Aluminium, gefertigt sind.

**[0004]** Aus der gattungsbildenden DE 199 34 991 A1 oder der WO 2004/005575 A2 ist es bekannt, unmittelbar auf eine Bohrungswand eine Metallbeschichtung durch eine Beschichtungslanze aufzubringen, mit welcher ein Metall-Plasmastrahl erzeugt wird. Auf diese Weise können sehr dünnwandige und sehr stabile Metallbeschichtungen an Bohrungswänden gebildet werden.

**[0005]** Dabei wird die Beschichtungslanze in eine Zylinderbohrung eines Motorblocks gefahren, wobei der erzeugte Metall-Plasmastrahl auf die Bohrungswand gerichtet wird.

**[0006]** Aufgrund einer gewissen Streuung des Metall-Plasmastrahles gelangen nicht alle Metallpartikel auf die Bohrungswand. Diese nicht aufgebrauchten Metallpartikel werden als Overspray bezeichnet und können zu unerwünschten Fehlbeschichtungen in dem Motorblock oder an der Beschichtungseinrichtung führen.

**[0007]** Aus der DE 199 34 991 A1 geht eine Anlage zur metallischen Beschichtung eines Werkstücks hervor, bei welcher verschiedene Bearbeitungsstationen linear entlang eines Bandförderers angeordnet sind. Als eine abschließende Bearbeitungsstation ist das Beschichten des Werkstückes vorgesehen. Anschließend wird das Werkstück unmittelbar aus der Anlage entfernt.

**[0008]** Die Informationsbroschüre von oerlikon metco (issue 5 - Oktober 2014) zum Thema "Atmospheric Plasma Spray Solutions" offenbart eine Vorrichtung zum Beschichten von Zylindergehäusen nach dem atmosphärischen Plasmaspray-Verfahren. Hierzu ist an einem Roboterarm eine Plasmalanze angebracht. Hierbei ist eine Bearbeitungsstation zum Bearbeiten von Zylindergehäusen vorgesehen, welche von einem Gehäuse umgeben ist. Zur Echtzeitüberwachung des Plasmasprays kann eine Reihe von Kenngrößen während der Beschich-

tung überwacht werden.

**[0009]** Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, eine Anlage und ein Verfahren zur metallischen Beschichtung eines Werkstücks anzugeben, welche ein besonders effizientes und genaues Aufbringen der Beschichtung ermöglichen.

**[0010]** Die Aufgabe wird nach der Erfindung zum einen durch eine Anlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und zum anderen durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Bevorzugte Ausführungen der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Anlage ist dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsvorrichtung mit der Beschichtungslanze und eine Messeinrichtung zur Messung der Beschichtungsdicke integriert in der Anlage ausgebildet sind und dass die Beschichtungsvorrichtung mit der Beschichtungslanze und die Messeinrichtung von einem Gehäuse umschlossen sind.

**[0012]** Ein Grundgedanke der Erfindung kann darin gesehen werden, die Vorgänge des Beschichtens und des Vermessens der aufgebrauchten Beschichtung nahe zusammenzuführen, so dass insgesamt unmittelbare und damit genauere Aussagen über die erfolgte Beschichtung getroffen werden können. Dies wird dadurch erreicht, dass die Beschichtungsvorrichtung und die Messeinrichtung in derselben Anlage und insbesondere auf demselben Maschinenbett angeordnet und von einem gemeinsamen Gehäuse umschlossen sind. Die ermittelten Messdaten der Messeinrichtung insbesondere zur Schichtdicke und zur Kontur der aufgebrauchten Beschichtung ermöglichen sehr genaue Rückschlüsse auf den Beschichtungsvorgang. Dies kann bei der Steuerung der Beschichtungsvorrichtung zum Beschichten eines nachfolgenden Werkstückes zeitnah genutzt werden, um eventuellen Fehlbeschichtungen vorzubeugen.

**[0013]** Die Erfindung geht somit einen unterschiedlichen Weg im Vergleich zu bekannten Anlagen, bei denen aufgrund der Gefahr von unerwünschten Anlagerungen durch den Metall-Overspray in der Beschichtungsvorrichtung die Messeinrichtung deutlich beabstandet und getrennt von der Beschichtungsvorrichtung angeordnet worden ist. Mit Verkleinerung eines notwendigen Verfahrensweges des beschichteten Werkstückes von der Beschichtungsvorrichtung zur Messeinrichtung erhöht sich nach einer Erkenntnis der Erfindung die Positionier- und damit Messgenauigkeit.

**[0014]** Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass das Gehäuse eine Ladestation zum Zuführen und Abführen des Werkstückes aufweist, dass die Messeinrichtung in der Ladestation angeordnet ist und dass die Messeinrichtung zusätzlich zum Vermessen des Werkstückes vor dem Beschichten ausgebildet ist. Bei dieser Anordnungsvariante durchläuft das Werkstück also zweimal die Ladestation der Anlage, nämlich beim Zuführen und beim Abführen des Werkstückes. Bei der Anordnung der Messeinrichtung in der Ladestation kann die Messeinrichtung also eine doppelte Funktion erfüllen, nämlich

das Vermessen des Werkstücks vor dem Beschichten und anschließend das Vermessen des Werkstücks mit der Beschichtung. Insbesondere bei einem Beschichten von Bohrungen in einem Werkstück kann so eine Vermessung durch Aufnahme der Bohrungskontur durch die Messeinrichtung mit besonders großer Genauigkeit erfolgen. Denn die Messeinrichtung erfasst die Oberfläche der unbeschichteten Bohrung und anschließend die Oberflächenkontur der beschichteten Bohrung. Durch einen entsprechenden Vergleich der Messergebnisse kann so eine besonders genaue Bestimmung der Schichtdicke und des Schichtdickenverlaufes ermittelt werden.

**[0015]** Nach einer anderen Ausgestaltungsvariante der Erfindung ist es vorteilhaft, dass die Messeinrichtung einen verfahrenbaren Messsensor aufweist, welcher zwischen einer Kalibrierstation und einer Werkstückaufnahme in der Ladestation verfahrbar ist. Die Messeinrichtung kann dabei insbesondere einen optischen Messsensor aufweisen, welcher vorzugsweise mit einer Lasereinrichtung zusammenarbeitet. Diese grundsätzlich bekannten Messeinrichtungen erlauben eine exakte Erfassung einer Oberflächenkontur. Durch eine entsprechende Justierung und Kalibrierung der Messeinrichtung kann zugleich ein Durchmesser einer Bohrung und insbesondere auch ein Durchmesserlauf über die axiale Länge der Bohrung erfasst werden. Vorzugsweise verbleibt das Werkstück vom Zeitpunkt des Zuführens bis zum Abführen in der Anlage auf einer Werkstückaufnahme, insbesondere einer Werkstückhalterung oder einer Werkstückpalette, so dass eine Positionierung des Werkstückes mit hoher Wiederholgenauigkeit bei dem mehrmaligen Vermessen ermöglicht wird.

**[0016]** Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass die Beschichtungsvorrichtung in einer Bearbeitungsstation angeordnet ist, welche von der Ladestation getrennt ist, und dass eine Reinigungsstation zum Reinigen der Beschichtungslanze in der Bearbeitungsstation angeordnet ist. Durch eine Trennung der Bearbeitungsstation, in welcher der Beschichtungsvorgang mit dem Metall-Plasmastrahl erfolgt, und der Ladestation, in welcher das Vermessen durchgeführt wird, insbesondere durch eine Trennwand, können das Beschichten und das Messen räumlich nahe, aber ohne unerwünschte Wechselwirkungen zueinander durchgeführt werden. Eine Verbesserung der Auftragsgenauigkeit wird nach einer erfindungsgemäßen Variante noch dadurch gesteigert, dass in der Bearbeitungsstation eine Reinigungsstation vorgesehen ist, mit welcher zu bestimmten Zeitpunkten die Beschichtungslanze von angelagerten Metallpartikeln gereinigt wird. Diese unerwünschten Anlagerungen ergeben sich durch den Metall-Overspray beim Beschichten in der Bearbeitungsstation.

**[0017]** Eine weitere Verbesserung kann noch dadurch erreicht werden, dass in der Bearbeitungsstation eine Prüfstation zum Prüfen des von der Beschichtungslanze erzeugten Metall-Plasmastrahls angeordnet ist. In dieser Prüfstation kann beispielsweise mittels einer Kamera

das Strahlbild erfasst, vermessen und mit einem Soll-Strahlbild verglichen werden. Sofern Abweichungen in einem übermäßigen Umfang festgestellt werden, kann durch eine Steuerung eine Wartung, insbesondere eine Reinigung der Beschichtungslanze in der Reinigungsstation veranlasst werden. Auch können die Prüfergebnisse unmittelbar zur Steuerung der Beschichtungsvorrichtung und insbesondere zur Ausbildung des Metall-Plasmastrahls eingesetzt werden.

**[0018]** Eine weitere Verbesserung wird nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung dadurch erreicht, dass eine Absaugeinrichtung vorgesehen ist, durch welche zum Absaugen von Luft von der Beschichtungsvorrichtung der Kalibrierstation, der Prüfstation und/oder der Reinigungsstation ausgebildet ist. Insbesondere in der Beschichtungsvorrichtung kann so Metall-Overspray während des Beschichtens mit der Umgebungsluft aus der Bearbeitungsstation abgeführt werden. Vorzugsweise ist die Anlage mit der Absaugeinrichtung so ausgebildet, dass in der Bearbeitungsstation mit der Beschichtungsvorrichtung gegenüber der Umgebung und insbesondere der Ladestation mit der Messeinrichtung ein gewisser Unterdruck eingestellt ist. Mit diesem Unterdruck kann einem Übertritt von Overspray von der Bearbeitungsstation in die Ladestation mit der Messeinrichtung entgegengewirkt werden. Dies verhindert eine Beeinträchtigung der Messeinrichtung durch unerwünschte Metallanlagerungen durch Overspray.

**[0019]** Ein weiterer positiver Einfluss auf die Messgenauigkeit der Anlage wird gemäß einer Weiterbildung der Erfindung dadurch erreicht, dass mindestens eine Werkstückaufnahme vorgesehen ist, in welcher ein Werkstück in einer definierten Lage aufgenommen und gespannt ist, und dass die Werkstückaufnahme zwischen der Ladestation und der Bearbeitungsstation verfahrbar ist. Das Werkstück befindet sich somit beim Fördern durch die Anlage durchgehend in einer Werkstückaufnahme. Hierdurch lassen die Messdaten besonders genaue Rückschlüsse auf die Art und Weise der Beschichtung zu, so dass diese entsprechend zur Steuerung der Beschichtungsvorrichtung beim Beschichten eingesetzt werden können.

**[0020]** Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass die Bearbeitungsstation und die Ladestation durch eine Trennwand voneinander getrennt sind und dass die Trennwand mindestens einen verschließbaren Durchgang aufweist. Durch die Trennwand, die das Gehäuse in zwei Bereiche unterteilt, werden die Bearbeitungsstation und die Ladestation hermetisch voneinander getrennt. Dies dient insbesondere dazu, einen Übertritt von Overspray aus der Bearbeitungsstation zu der Ladestation mit der Messeinrichtung und damit unerwünschte Anlagerungen von Metallpartikeln an der empfindlichen Messeinrichtung zu unterbinden. Für den Durchtritt des Werkstücks von der Ladestation in die Bearbeitungsstation ist mindestens ein Durchgang in der Trennwand vorgesehen, welcher verschließbar ist. Der Durchgang wird dabei jeweils nur für einen kurzen Augenblick zum Durch-

tritt des Werkstückes von der einen Station in die andere geöffnet.

**[0021]** Dabei ist es nach einer erfindungsgemäßen Weiterbildung besonders bevorzugt, dass der Durchgang durch ein Verschlusselement verschlossen ist, welches zum Durchtritt des Werkstücks den Durchgang freigibt. Das Verschlusselement kann eine Tür und insbesondere eine verschiebbare oder verschwenkbare Verschlussplatte sein. Durch einen Stellmotor, einen Stellzylinder oder durch eine Verstellmechanik wird dabei das Verschlusselement in eine Freigabeposition verschoben, wenn das Werkstück den Durchgang erreicht. Nach Durchtritt des Werkstücks wird das Verschlusselement wieder in die Verschlussposition bewegt, in welcher der Durchgang dicht verschlossen ist.

**[0022]** Ein besonders effizienter Betrieb der erfindungsgemäßen Anlage ergibt sich nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform dadurch, dass die mindestens eine Werkstückaufnahme mittels einer Fördereinrichtung verfahrbar ist, welche einen ringförmigen Umlaufweg aufweist. Die Fördereinrichtung kann dabei ein beliebiger Umlaufförderer sein, etwa ein Kettenförderer, ein Bandförderer oder eine ähnliche Fördereinrichtung mit endlos umlaufendem Förderelement.

**[0023]** Besonders vorteilhaft ist es dabei, dass die Fördereinrichtung als ein Drehtisch ausgebildet ist, welcher horizontal verfahrbar angeordnet ist. Der Drehtisch kann dabei Platz für vorzugsweise zwei oder auch mehr Werkstückaufnahmen aufweisen.

**[0024]** Insbesondere im Fall eines Umlaufförderers ist es nach einer Weiterbildung der Erfindung zweckmäßig, dass in der Trennwand zwei Durchgänge mit jeweils einem Verschlusselement vorgesehen sind. Ein Durchgang dient dabei zum Durchtritt des Werkstückes von der Ladestation in die Bearbeitungsstation, während der zweite Durchgang in umgekehrter Weise zum Durchtritt des Werkstückes aus der Bearbeitungsstation in die Ladestation dient.

**[0025]** Eine weitere bevorzugte Ausbildungsvariante der Erfindung besteht darin, dass die Fördereinrichtung horizontal umlaufend ausgebildet ist und dass die Werkstückaufnahme an der Fördereinrichtung verstellbar, insbesondere verschwenkbar um eine horizontale Verschwenkachse, gelagert ist. Dabei ist die Werkstückaufnahme, in welcher das Werkstück gehalten und gespannt ist, in einer Grundausrichtung horizontal angeordnet. Bei der Bearbeitung von Motorblöcken etwa mit einer V- oder W-Anordnung der Zylinderbohrungen können die Werkstücke jeweils so um eine horizontale Verschwenkachse verschwenkt und verstellt werden, dass die jeweils zu bearbeitenden Zylinderbohrungen vertikal ausgerichtet sind. Dies erlaubt sowohl ein exaktes Beschichten durch die vertikal verfahrbare Beschichtungslanze als auch ein exaktes Vermessen durch die Messeinrichtung, bei welcher der Messsensor ebenfalls vertikal verfahrbar gelagert ist.

**[0026]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass das Bilden der Beschichtung und

ein Messen der Beschichtungsdicke integrierte in einer Anlage durchgeführt werden, welche vorausgehend beschrieben ist. Mit diesem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich die zuvor beschriebenen Vorteile beim Beschichten eines Werkstückes, insbesondere beim Beschichten von Bohrungen in einem Werkstück, erzielen.

**[0027]** Die Erfindung ist vorzugsweise zum Beschichten von Bohrungen in Werkstücken, insbesondere von Zylinderbohrungen in Motorblöcken vorgesehen. Andere Anwendungen sind darüber hinaus möglich.

**[0028]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels weiter beschrieben, welches schematisch in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: eine schematische Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Anlage;

Fig. 2: eine um 90° geklappte Seitenansicht der Anlage von Fig. 1 in stark schematisierter Form;

Fig. 3: eine Draufsicht der Anlage gemäß den Figuren 1 und 2;

Fig. 4: eine schematische perspektivische Ansicht der Anlage gemäß den Figuren 1 bis 3, jedoch ohne Gehäuse.

**[0029]** Eine erfindungsgemäße Anlage 10 zur metallischen Beschichtung von Bohrungen 3 in einem Werkstück 1 ist in Figuren 1 bis 4 gezeigt. Das Werkstück 1 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel ein Motorblock mit 12 Bohrungen 3, welche als Zylinderbohrungen in zwei Sechserreihen in V-Form in dem Werkstück 1 angeordnet sind.

**[0030]** Die Anlage 10 weist ein Maschinenbett 11 auf, auf welchem ein Gehäuse 13 angeordnet ist. Das kastenförmige Gehäuse 13 umschließt eine Ladestation 12 und eine Bearbeitungsstation 14 mit einer Beschichtungsvorrichtung 29.

**[0031]** Auf dem Maschinenbett 11 ist zur Aufnahme eines Werkstücks 1 ein Grundrahmen 16 einer Fördereinrichtung 20 angeordnet, welche im dargestellten Ausführungsbeispiel als ein Drehtisch 22 ausgebildet ist. Der um eine vertikale Drehachse drehbar angetriebene horizontale Drehtisch 22 weist zwei gegenüberliegende Werkstückaufnahmen 23 auf, in welchen jeweils ein plattenförmiges Palettenmodul 21 mit je einem Werkstück 1 aufnehmbar ist. Über eine Schwenkeinrichtung 26 kann das Palettenmodul 21 mit dem Werkstück 1 gegenüber der Horizontalen verschwenkt werden, so dass die Bohrungen 3 in dem Werkstück 1 vertikal zur Durchführung einer metallischen Beschichtung angeordnet werden können.

**[0032]** Das Werkstück 1 wird an der Ladestation 12 von einer nicht dargestellten Zufördereinrichtung aufgenommen. Das Gehäuse 13 weist im Bereich der Ladestation 12 eine nicht dargestellte Öffnung mit einer Tür auf.

Weiterhin kann im Bereich der Ladestation 12 eine Vermessung des Werkstücks 1 mit einer Messeinrichtung 52 erfolgen. Anschließend wird der Drehtisch 22 um 180° gedreht, wobei das Werkstück 1 von der Ladestation 12 zu der gegenüberliegenden Bearbeitungsstation 14 gefördert wird. Die Bearbeitungsstation 14 ist von der Ladestation 12 über eine Trennwand 24 getrennt. In Fig. 2 ist die Trennwand 24 lediglich teilweise im unteren Bereich dargestellt. Die Trennwand 24 erstreckt sich jedoch durch den gesamten Raum des Gehäuses 13, so dass die Bearbeitungsstation 14 von der Ladestation 12 abgeschottet ist. Zum Durchgang der Werkstücke 1 von der Ladestation 12 zur Bearbeitungsstation 14 und wieder zurück sind zwei Durchgänge vorgesehen. Die Durchgänge sind jeweils über ein verschiebbares Verschlusselement 27 verschlossen, welches zum Durchtritt des Werkstückes 1 geöffnet und anschließend wieder geschlossen werden kann.

**[0033]** In der Bearbeitungsstation 14 wird das Werkstück 1 mit der Schwenkeinrichtung 26 um eine horizontale Schwenkachse verschwenkt, wobei jeweils eine Reihe von Bohrungen 3 vertikal ausgerichtet wird, wie aus den Figuren 1 bis 4 ersichtlich ist.

**[0034]** Zum Aufbringen der metallischen Beschichtung ist eine Beschichtungsvorrichtung 29 mit einer stangenförmigen Beschichtungslanze 30 vorgesehen, welche an ihrem unteren Ende mindestens eine Austrittsöffnung 32 für einen Metall-Plasmastrahl aufweist. Der Metall-Plasmastrahl wird in bekannter Weise durch einen Plasma-generator mit einer Kathode und einer metallischen Anode erzeugt. Über eine entsprechend hohe elektrische Spannung wird zwischen der Kathode und der Anode ein Lichtbogen gebildet, durch welchen die metallische Anode aufgeschmolzen wird. Die metallische Anode ist als ein zuführbarer Draht ausgebildet, so dass stets ausreichend Material vorliegt, um mit den aufgeschmolzenen metallischen Partikeln einen Metall-Plasmastrahl zu bilden. Als Quelle der metallischen Partikel kann anstelle eines Drahtes auch eine Zuführung von Pulver vorgesehen werden. Über eine Gasdüseneinrichtung wird ein Gasstrom erzeugt, welcher mit Überschallgeschwindigkeit aus der Austrittsöffnung 32 am unteren Ende der Beschichtungslanze 30 etwa horizontal austritt. Dabei wird die Beschichtungslanze 30 mit der Austrittsöffnung 32 in die zu beschichtende Bohrung 3 im Werkstück 1 eingefahren. Die Beschichtungsvorrichtung 29 weist weiter eine hülsenförmige Absaugglocke auf, welche die Beschichtungslanze 30 umgibt, jedoch in den Figuren 1 bis 4 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt ist.

**[0035]** Zum Verfahren der Beschichtungslanze 30 ist eine Portaleinrichtung 40 mit zwei parallelen ersten Verfahrachsen 41 vorgesehen. Auf den beiden ersten Verfahrachsen 41 ist ein rahmenartiger erster Verfahrschlitten 47 horizontal verfahrbar gelagert. Der erste Verfahrschlitten 47 weist selbst zwei lineare, horizontale zweite Verfahrachsen 42 auf, welche parallel zueinander und senkrecht zu den ersten Verfahrachsen 41 angeordnet sind.

**[0036]** Entlang den beiden zweiten Verfahrachsen 42 ist ein balkenförmiger zweiter Verfahrschlitten 48 horizontal verfahrbar angeordnet. Der zweite Verfahrschlitten 48 weist selbst eine einzelne vertikale dritte Verfahrachse 43 auf. Entlang dieser dritten Verfahrachse 43 ist ein Aufnahmeschlitten 45 vertikal verfahrbar gelagert. Auf dem Aufnahmeschlitten 45 ist die Beschichtungslanze 30 drehbar gehalten.

**[0037]** Nachdem ein Werkstück 1 in der Bearbeitungsstation 14 positioniert ist, wird die Beschichtungslanze 30 der Beschichtungsvorrichtung 29 in eine erste zu beschichtende Bohrung 3 in dem Werkstück 1 eingefahren. Die kontinuierlich betriebene Beschichtungslanze 30 erzeugt dabei einen Metall-Plasmastrahl, welcher mit Überschallgeschwindigkeit auf eine Bohrungswand der Bohrung 3 auftrifft. Durch das Drehen der Beschichtungslanze 30 und das axiale Verfahren in vertikaler Richtung erfolgt eine gleichmäßige definierte metallische Beschichtung mit einer Dicke von beispielsweise 10 µm bis 300 µm auf die Bohrungswand.

**[0038]** Nach dem Herausfahren der Beschichtungslanze 30 aus der ersten beschichteten Bohrung 3 wird der Metall-Plasmastrahl unmittelbar bei Austritt aus der Bohrung 3 auf eine Aufprallfläche einer Aufnahmeeinheit in einer nicht dargestellten Absaugglocke gerichtet, welche zusammen mit der Beschichtungslanze 30 an dem Aufnahmeschlitten 45 gehalten ist. Die Aufnahmeeinheit nimmt die Partikel des Metall-Plasmastrahles auf und wird gemeinsam mit der Beschichtungslanze 30 zu der nächsten zu beschichtenden Bohrung 3 verfahren. Dann wird die metallische Beschichtung an dieser zweiten Bohrung 3 wiederholt, wobei sich eine entsprechende Beschichtung der weiteren Bohrung 3 in einer Reihe des Werkstückes 1 anschließt. Anschließend kann das Werkstück 1 über die Schwenkeinrichtung 26 um eine horizontale Achse verschwenkt werden, so dass die zweite Reihe des Motorblocks zur Bearbeitung in der vertikalen Position angeordnet ist. Sodann kann sich ein Beschichten auch dieser sechs Bohrungen 3 im motorblockartigen Werkstück 1 anschließen.

**[0039]** Nach Beendigung der Beschichtung wird die Beschichtungslanze 30 mit der Portaleinrichtung 40 rückgefahren und das fertige beschichtete Werkstück 1 kann unter gleichzeitiger Zuführung eines neuen zu bearbeitenden Werkstückes 1 in die Ladestation 12 durch den rechten Durchgang rückgefördert werden. Dabei wird das Verschlusselement 27 an dem Durchgang geöffnet. Gleichzeitig wird mit der Drehbewegung des Drehtisches 22 ein neues Werkstück 1 von der Ladestation 12 in die Bearbeitungsstation 14 durch den geöffneten linken Durchgang gefördert. Über einen Handlingsroboter 50 mit einer Messeinrichtung 52 kann die Schichtdicke und Kontur der aufgebrauchten Beschichtung vermessen werden. Mit der Messeinrichtung 52 können auch die noch unbeschichteten Bohrungen 3 eines neu zugeführten Werkstückes 1 vorab vermessen werden, so dass eine noch genauere Prüfung der durchgeführten Beschichtung durch einen Vergleich der Messdaten

möglich ist. Das beschichtete Werkstück 1 kann dann in der Ladestation 12 aus der Werkstückaufnahme 23 des Drehtisches 22 entnommen werden. Danach kann ein neues Werkstück 1 in die Werkstückaufnahme 23 der Fördereinrichtung 20 eingesetzt werden. Somit kann bei der erfindungsgemäßen Anlage 10 das Be- und Entladen sowie ein Vermessen parallel zur Bearbeitung eines Werkstückes 1 in der Bearbeitungsstation 14 und somit neutral zur Maschinenhauptzeit erfolgen. Dies ermöglicht eine effiziente Maschinennutzung.

**[0040]** Mit der Portaleinrichtung 40 kann die Beschichtungslanze 30 in bestimmten zeitlichen Abständen zu einer Prüfstation 54 zum Überprüfen des Strahlbildes des Metall-Plasmastrahles oder zu einer Reinigungsstation 60 verfahren werden.

**[0041]** Die Messeinrichtung 52 weist einen Laser auf, mit welchem durch Einfahren der Messeinrichtung 52 vertikal in eine Bohrung 3 des Werkstücks 1 über den Handlingsroboter 50 der Konturenverlauf und der Durchmesser der Bohrung 3 über die axiale Länge der Bohrung 43 erfasst werden kann. Durch einen Vergleich der Messdaten der Bohrung 3 vor und nach der Beschichtung kann so durch eine Steuerung der Anlage 10 die erfolgte Beschichtung hinsichtlich dem Verlauf der Schichtdicken und der Oberflächenkontur exakt ermittelt werden. Anhand eines Vergleiches mit vorgegebenen Sollwerten kann so durch die Steuerung der Anlage 10 entschieden werden, ob eine korrekte Beschichtung erfolgt ist oder das Werkstück 1 einer Nachbearbeitung zugeführt werden muss. Zudem kann die Steuerung anhand der ermittelten Messwerte Einstellparameter der Beschichtungsvorrichtung 29, insbesondere Parameter zur Einstellung des Metall-Plasmastrahles oder der Bewegungsdaten der Beschichtungslanze 30 einstellen und verändern, um rechtzeitig Fehlentwicklungen bei der Beschichtung nachfolgender Werkstücke 1 entgegenzuwirken.

### Patentansprüche

1. Anlage zur metallischen Beschichtung eines Werkstücks (1) mit einem Gehäuse (13), in welchem eine Ladestation (12) zum Zu- und Abführen des Werkstücks (1) vorgesehen ist, einer Beschichtungsvorrichtung (29), welche eine verfahrbare Beschichtungslanze (30) aufweist, durch welche ein Metall-Plasmastrahl zum Bilden einer Beschichtung aus Metallpartikeln erzeugbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Beschichtungsvorrichtung (29) mit der Beschichtungslanze (30) und eine Messeinrichtung (52) zur Messung der Beschichtungsdicke integriert in der Anlage (10) ausgebildet sind, **dass** die Beschichtungsvorrichtung (29) mit der Beschichtungslanze (30) und die Messeinrichtung (52) von dem Gehäuse (13) umschlossen sind, **dass** die Beschichtungsvorrichtung (29) in einer Be-

arbeitungsstation (14) angeordnet ist, welche von der Ladestation (12) durch eine Trennwand (24) getrennt ist,

**dass** die Trennwand (24) mindestens einen verschließbaren Durchgang aufweist, dass die Messeinrichtung in der Ladestation angeordnet ist, und **dass** die Messeinrichtung zusätzlich zum Vermessen des Werkstücks vor und nach dem Beschichten ausgebildet ist.

2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Messeinrichtung (52) einen verfahrbaren Messsensor aufweist, welcher zwischen einer Kalibrierstation und einer in der Ladestation (12) befindlichen Werkstückaufnahme (23) verfahrbar ist.
3. Anlage nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** eine Reinigungsstation (60) zum Reinigen der Beschichtungslanze (30) in der Bearbeitungsstation (14) angeordnet ist.
4. Anlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** in der Bearbeitungsstation (14) eine Prüfstation (54) zum Prüfen des von der Beschichtungslanze (30) erzeugten Metall-Plasmastrahls angeordnet ist.
5. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** eine Absaugereinrichtung vorgesehen ist, welche zum Absaugen von Luft von der Beschichtungsvorrichtung (29), der Kalibrierstation, der Prüfstation und/oder der Reinigungsstation (60) ausgebildet ist.
6. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** mindestens eine Werkstückaufnahme (23) vorgesehen ist, in welcher ein Werkstück (1) in einer definierten Lage aufgenommen und gespannt ist, und dass die Werkstückaufnahme (23) zwischen der Ladestation (12) und der Bearbeitungsstation (14) verfahrbar ist.
7. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Durchgang durch ein Verschlusselement (27) verschlossen ist, welches zum Durchtritt des Werkstücks (1) den Durchgang freigibt.
8. Anlage nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die mindestens eine Werkstückaufnahme (23) mittels einer Fördereinrichtung (20) verfahrbar ist, welche einen ringförmigen Umlaufweg aufweist.
9. Anlage nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Fördereinrichtung (20) als ein Drehtisch (22) ausgebildet ist, welcher horizontal verfahrbar angeordnet ist.

10. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in der Trennwand (24) zwei Durchgänge (25) mit jeweils einem Verschlusselement (27) vorgesehen sind.
11. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Fördereinrichtung (20) horizontal umlaufend ausgebildet ist und  
**dass** die Werkstückaufnahme (23) an der Fördereinrichtung (20) verstellbar, insbesondere verschwenkbar um eine horizontale Verschwenkachse, gelagert ist.
12. Verfahren zur metallischen Beschichtung eines Werkstücks (1) mit einer verfahrbaren Beschichtungslanze (30), durch welche ein Metall-Plasmastrahl erzeugt wird, wobei eine metallische Beschichtung aus Metallpartikeln an dem Werkstück (1) gebildet wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Bilden der Beschichtung und ein Messen der Beschichtungsdicke integriert in einer Anlage (10) durchgeführt werden, welche nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet ist, wobei in einer Ladestation (12) zum Zu- und Abführen des Werkstücks (1) eine Messeinrichtung vorgesehen ist, mit welcher das Werkstück (1) vor und nach dem Beschichten vermessen wird.

## Claims

1. Installation for the metallic coating of a workpiece (1), with  
a housing (13), in which a loading station (12) for the supply and discharge of the workpiece (1),  
a coating device (29) which comprises a displaceable coating lance (30), by which a metal plasma jet can be generated to create a coating of metal particles, **characterized in that**  
the coating device (29) with the coating lance (30) and a measuring device (52) for measuring the coating thickness are designed integrated in the installation (10), that the coating device (29) with the coating lance (30) and the measuring device (52) are enclosed by the housing (13),  
that the coating device (29) is arranged in a processing station (14) which is separated from the loading station (12) by a partition wall (24),  
that the partition wall (24) comprises at least one closable passage (25),
2. Installation according to claim 1,  
**characterized in that**  
the measuring device (52) comprises a displaceable measuring sensor (53), which is displaceable between a calibration station and a workpiece holder (23) placed in the loading station (12).
3. Installation according to one of the claims 1 or 2,  
**characterized in that**  
a cleaning station (60) for cleaning the coating lance (30) is arranged in the processing station (14).
4. Installation according to claim 3,  
**characterized in that**  
in the processing station (14) a testing station (54) for testing the metal plasma jet generated by the coating lance (30) is arranged.
5. Installation according to one of the claims 1 to 4,  
**characterized in that**  
a suction device is provided, which is designed to extract air from the coating device (29), the calibration station, the testing station, and/or the cleaning station (60).
6. Installation according to one of the claims 1 to 5,  
**characterized in that**  
at least one workpiece holder (23) is provided, in which a workpiece (1) can be deposited and clamped in a defined position, and that the workpiece holder (23) is displaceable between the loading station (12) and the processing station (14).
7. Method according to one of the claims 1 to 6,  
**characterized in that**  
the passage is closed by a locking element (27), which releases the passage in order to allow the through-passage of the workpiece (1).
8. Installation according to one of the claims 6 or 7,  
**characterized in that**  
the at least one workpiece holder (23) is displaceable by means of a conveyor (20), which has an annular circulation path.
9. Installation according to claim 8,  
**characterized in that**  
the conveyor (20) is designed as a rotary table (22) that is arranged horizontally displaceable.
10. Installation according to one of the claims 1 to 9,  
**characterized in that**

that the measuring device is arranged in the loading station, and  
that the measuring device is additionally designed to measure the workpiece before and after the coating.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

in the partition wall (24) two passages (25) are provided with one locking element (27) each.

11. Installation according to one of the claims 8 to 10, **characterized in that** the conveyor (20) is designed circumferentially in horizontal direction, and that the workpiece holder (23) is adjustably mounted to the conveyor (20), in particular pivotably around a horizontal pivoting axis.
12. Method for the metallic coating of a workpiece (1) with a displaceable coating lance (30), by which a metal plasma jet is generated, wherein a metallic coating of metal particles is created on the workpiece (1), **characterized in that** the creation of the coating and a measuring of the coating thickness are carried out integrated in an installation (10), which is designed in accordance with any one of the claims 1 to 11, whereby in a loading station (12) for supplying and discharging the workpiece (1) a measuring device is provided, with which the workpiece (1) is measured before and after the coating.

#### Revendications

1. Installation servant à doter une pièce (1) d'un revêtement métallique avec un boîtier (13), dans lequel un poste de chargement (12) servant à amener et à évacuer la pièce (1) est prévu, un dispositif de revêtement (29), qui présente une lance de revêtement (30) pouvant être déplacée, par laquelle un jet plasma de métal servant à former un revêtement composé de particules métalliques peut être produit, **caractérisée en ce que** le dispositif de revêtement (29) avec la lance de revêtement (30) et un système de mesure (52) servant à mesurer l'épaisseur de revêtement sont réalisés de manière intégrée dans l'installation (10), **que** le dispositif de revêtement (29) avec la lance de revêtement (30) et le système de mesure (52) sont entourés par le boîtier (13), **que** le dispositif de revêtement (29) est disposé dans un poste d'usinage (14), qui est séparé du poste de chargement (12) par une cloison de séparation (24), **que** la paroi de séparation (24) présente au moins un passage pouvant être fermé, **que** le système de mesure est disposé dans le poste de chargement, et **que** le système de mesure est réalisé en supplément pour mesurer la pièce avant et après le revêtement.
2. Installation selon la revendication 1, **caractérisée en ce**

**que** le système de mesure (52) présente un capteur de mesure pouvant être déplacé, lequel peut être déplacé entre une station d'étalonnage et un logement d'outil (23) se trouvant dans le poste de chargement (12).

3. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** un poste de nettoyage (60) servant à nettoyer la lance de revêtement (30) est disposé dans le poste d'usinage (14).
4. Installation selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** un poste de contrôle (54) servant à contrôler le jet de plasma de métal produit par la lance de revêtement (30) est disposé dans le poste d'usinage (14).
5. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** est prévu un dispositif d'aspiration, qui est réalisé pour aspirer de l'air du dispositif de revêtement (29), du poste d'étalonnage, du poste de contrôle et/ou du poste de nettoyage (60).
6. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** est prévu au moins un logement de pièce (23), dans lequel une pièce (1) est logée et serrée dans une position définie, et **que** le logement de pièce (23) peut être déplacé entre le poste de chargement (12) et le poste d'usinage (14).
7. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** le passage à travers un élément de fermeture (27) est fermé, lequel dégage le passage pour faire passer la pièce (1).
8. Installation selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, **caractérisée en ce que** l'au moins un logement de pièce (23) peut être déplacé au moyen d'un système de convoyage (20), qui présente une voie périphérique de forme annulaire.
9. Installation selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** le système de convoyage (20) est réalisé sous la forme d'un plateau tournant (22), qui est disposé de manière à pouvoir être déplacé de manière horizontale.



10. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 9,  
**caractérisée en ce**  
**que** deux passages (25) avec respectivement un élément de fermeture (27) sont prévus dans la cloison de séparation (24). 5
11. Installation selon l'une quelconque des revendications 8 à 10,  
**caractérisée en ce** 10  
**que** le système de convoyage (20) est réalisé de manière à circuler horizontalement, et  
**que** le logement de pièce (23) est monté de manière à pouvoir être ajusté au niveau du système de convoyage (20), en particulier de manière à pouvoir être pivoté autour d'un axe de pivotement horizontal. 15
12. Procédé servant à doter d'un revêtement métallique une pièce (1) avec une lance de revêtement (30) pouvant être déplacée, par laquelle un jet de plasma de métal est produit, dans lequel un revêtement métallique est formé à partir de particules de métal au niveau de la pièce (1), 20  
**caractérisé en ce**  
**que** la formation du revêtement et une mesure de l'épaisseur de revêtement sont réalisées de manière intégrée dans une installation (10), qui est réalisée selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel est prévu dans un poste de chargement (12) servant à amener et à évacuer la pièce (1) un système de mesure, à l'aide duquel la pièce (1) est mesurée avant et après le revêtement. 25 30

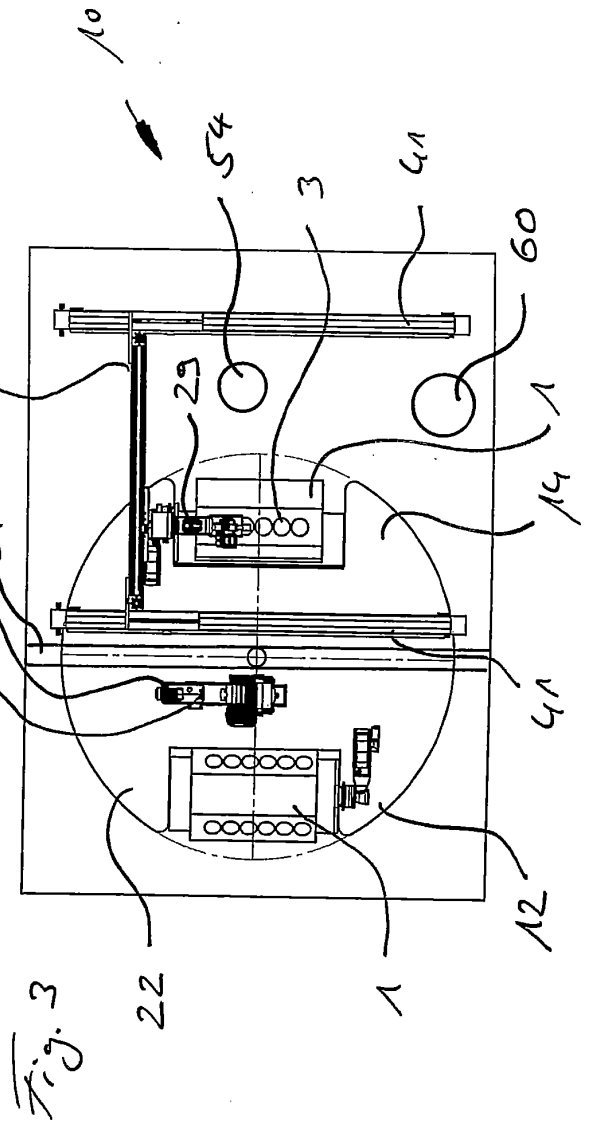
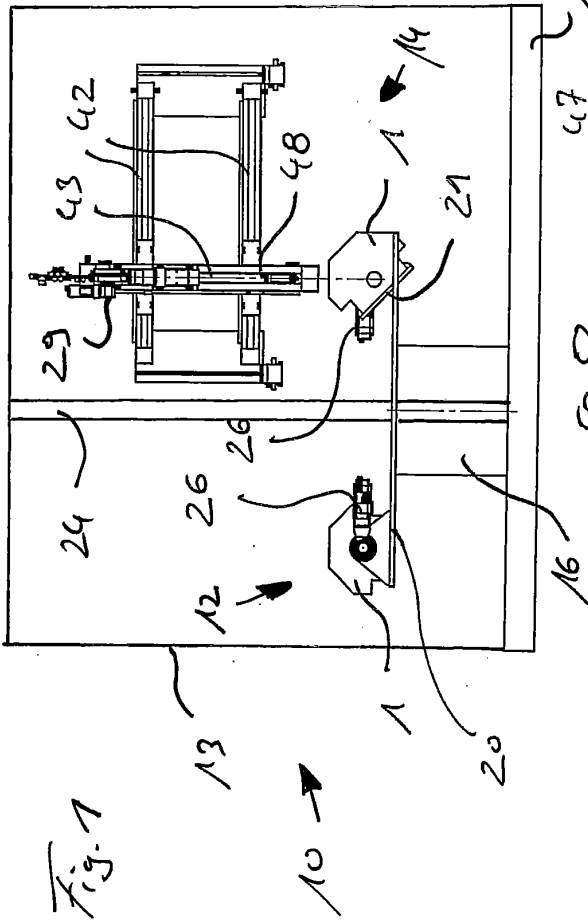
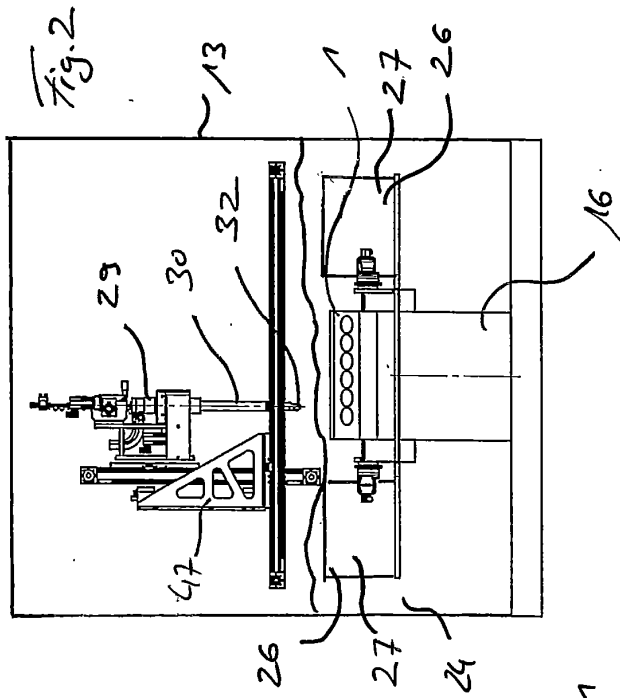
35

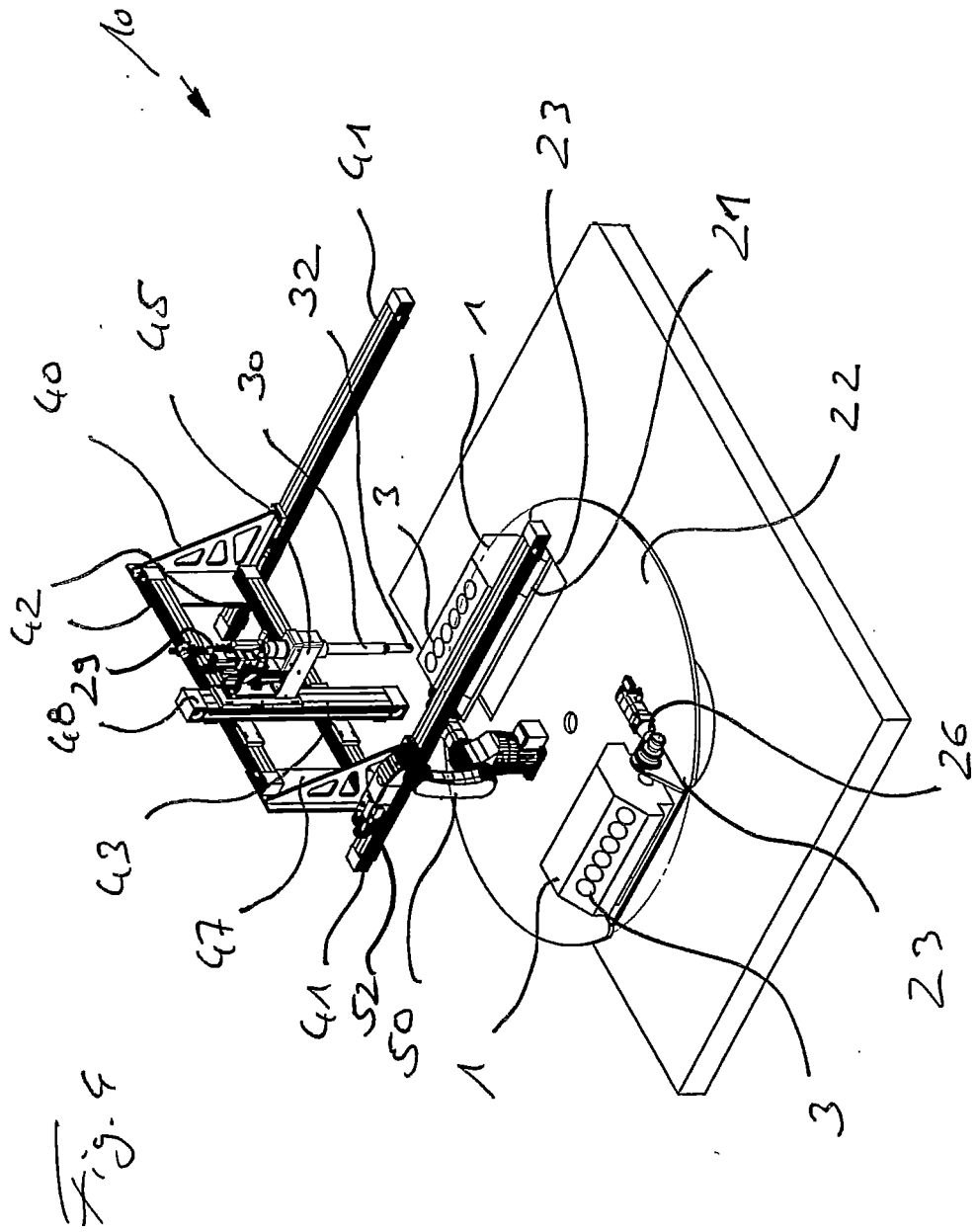
40

45

50

55





**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 19934991 A1 [0004] [0007]
- WO 2004005575 A2 [0004]