

(19)



(11)

EP 3 107 688 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
06.05.2020 Patentblatt 2020/19

(51) Int Cl.:
B24C 1/10 (2006.01) B24C 3/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15715140.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2015/100068

(22) Anmeldetag: **19.02.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/124147 (27.08.2015 Gazette 2015/34)

(54) **VERFAHREN ZUM VERFESTIGUNGSSTRAHLEN EINER ROHRINNENWANDUNG EINES GEKRÜMMTEN WERKSTÜCKS MIT EINER WERKSTÜCKBOHRUNG SOWIE STRAHLDÜSENEINHEIT UND STRAHLKAMMERSYSTEM DAFÜR**

METHOD FOR SHOT PEENING A PIPE INNER WALL OF A CURVED WORKPIECE HAVING A WORKPIECE BORE, AND BLASTING NOZZLE UNIT AND BLASTING CHAMBER SYSTEM THEREFOR

PROCÉDÉ DE SABLAGE D'UNE PAROI DE TUBE INTÉRIEURE D'UNE PIÈCE COURBÉE POURVUE D'UN PERÇAGE ET ENSEMBLE BUSE DE SABLAGE ET SYSTÈME DE CHAMBRE DE SABLAGE

(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

(30) Priorität: **19.02.2014 DE 102014102147**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.12.2016 Patentblatt 2016/52

(73) Patentinhaber: **Wheelabrator Group GmbH**
48629 Metelen (DE)

(72) Erfinder: **BUßKAMP, Bernhard**
48282 Emsdetten (DE)

(74) Vertreter: **Tarvenkorn, Oliver**
Tarvenkorn & Wickord Patentanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Haus Sentmaring 11
48151 Münster (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
CN-A- 1 986 161 DE-A1-102011 005 762
US-A- 4 893 490

EP 3 107 688 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 ein Verfahren zum Verfestigungsstrahlen einer Rohrrinnenwandung eines gekrümmten Werkstücks mit einer Werkstückbohrung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und eine Strahldüsenereinheit mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 6. Siehe, zum Beispiel US 4,893,490. Durch die Wahl von Rohren anstelle von massiven Stäben kann in dynamisch beschleunigten Systemen Masse eingespart werden. Die Verfestigung der Oberflächen mittels Kugelstrahlen führt zu einer deutlichen Erhöhung der Tragfähigkeit gegenüber unbehandelten Rohren, insbesondere bei Schwingungsbeanspruchung. Der Aufprall der Strahlpartikel, bei denen es sich insbesondere um kleine kugelförmige Körper handelt, führt zur Verfestigung der Oberflächen und zur Herabsetzung der Spannungsrisseanfälligkeit.

Ein Verfahren zum Kugelstrahlen von Rohren und eine Strahldüsenereinheit dazu sind aus der DE 35 27 923 A1 bekannt. Dieses Behandlungsverfahren hat sich grundsätzlich bewährt. Problematisch ist hierbei jedoch, dass der Strahldüsenkopf das Strahlmittel nur in eine Richtung aussendet. Er muss daher ständig gedreht werden, um über den Innenumfang eine gleichmäßige Verfestigung der Oberfläche zu erreichen. In Abstimmung mit der Rotation muss der Vorschub erfolgen, um wirklich die gesamte Oberfläche zu strahlen.

[0002] Aus der DE 199 22 265 B4 ist eine weitere um ihre Längsachse rotierbare Strahldüse bekannt. Diese wird durch eine Abdeckung geführt, welche den lichten Ringspalt zwischen der Strahldüse und einem Rohr mit entsprechend größerem Durchmesser abdeckt.

[0003] Bestimmte Werkstücke weisen Krümmungen auf, wie beispielsweise Stabilisatorrohre für Fahrgestelle von Straßen- und Schienenfahrzeuge, oder auch von Luftfahrzeugen. Oft ist ein dreidimensionaler Verlauf des Rohrs erforderlich, um benachbarte Bauteile umgehen zu können und bei engen Platzverhältnissen das Rohr überhaupt anordnen zu können.

[0004] Bei der Kugelstrahlbehandlung von Rohren, die ohnehin einen kleinen Rohrdurchmesser, also von maximal 1 Zoll, besitzen und die dann noch stärkere Krümmungen enthalten, welche sich über einen Bogen von mehr als ca. 10° - 20° erstrecken und/oder bei denen der Krümmungsradius relativ klein ist, insbesondere weniger als das Zehnfache des Rohrrinnendurchmessers beträgt, kann nicht mehr sicher nachvollzogen werden, ob eine gleichmäßige Behandlung der gesamten inneren Oberfläche erfolgt. Die Ausrichtung der Düsenöffnung beim Strahlen ist von außen nicht mehr sicher nachvollziehbar, weil beispielsweise der Strahlmittelzuführungsschlauch, an dessen Ende die Strahldüse angeordnet ist, tordiert wird. Möglicherweise strahlt also die Düse nur linear in einem begrenzten Innenumfangsbereich.

[0005] Wird die bekannte Strahldüsenereinheit in einen solchen Krümmungsbereich bei engen Rohrbohrungen eingeschoben, besteht zudem die Gefahr, dass sie dort

verklemmt und nur noch punktuell wirkt, und gegebenenfalls auch gar nicht mehr durch den gesamten Krümmungsbereich hindurch geschoben werden kann.

[0006] Die JP 2012-179 696 A offenbart eine Strahldüse mit einem flexiblen Schlauch, der in Förderrichtung des Strahlmittels gesehen vor der Strahldüse mit den Düsenöffnungen liegt.

[0007] Nach DE 10 2011 005 762 A1 ist eine Strahlkabine mit zwei Türen bekannt, die wechselweise zum Verschließen der Kammer dienen. An der Innentüre sind jeweils Vorrichtungen zur Aufnahme von Werkstücken vorgesehen. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, ein Verfahren und eine Strahldüsenereinheit der eingangs genannten Art jeweils so zu verbessern, dass gekrümmte Bereiche eines Rohres mit kleinem Durchmesser gleichmäßig von innen mit Strahlpartikeln gestrahlt werden können.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Eine Strahldüsenereinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 6 stellt eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung dar.

Durch die Führung des Strahlmittelzuführungsschlauchs in einem Stützelement kann der Strahlmittelzuführungsschlauch im Durchmesser so klein ausgebildet sein, und auch der zugehörige Strahldüsenkopf kann im Durchmesser soweit reduziert sein, dass der Strahldüsenkopf problemlos durch den Krümmungsbereich der Werkstückbohrung hindurchgeschoben werden kann, ohne darin zu verklemmen und ohne beim Verschieben innerhalb der Werkstückbohrung auszuknicken. Hierdurch ist es möglich, einen Strahldüsenkopf zu verwenden, der über seinen Umfang verteilt mehrere Strahldüsenöffnungen aufweist. Es können damit entweder größere Sektoren zugleich behandelt werden, oder es sind sogar so viele Düsenöffnungen vorhanden, dass der gesamte Innenumfang zugleich behandelt wird. Der Strahldüsenkopf muss dann nur noch mittels seines Strahlmittelzuführungsschlauchs und des sich anschließenden Strahlmittelzuführungsrohrs vor- oder zurückgeschoben werden.

Der Strahldüsenkopf wird durch eine Bohrung oder durch einen sonstwie geformten, innen liegenden Kanal im Werkstück geführt. Dieser muss also nicht kreisförmig sein. Der Inkreisdurchmesser ist relativ klein, so dass er mit herkömmlichen Verfahren und Vorrichtungen nicht durch Shot-Peening bearbeitet werden kann. Andererseits ist er groß genug, um einen kleinen Strahlkopf aufzunehmen. Dabei muss eine bestimmte Luftspaltbreite zwischen Strahlkopf und Innenwandung gegen sein, damit das Strahlmittel austreten und mit ausreichend hoher Geschwindigkeit auf die Wandung gelenkt werden kann, um den gewünschten Verfestigungseffekt erzielen zu können. Ermöglicht wird nach der Erfindung die Shot-Peening-Behandlung bei einem Inkreisdurchmesser der Werkstückbohrung von einem Zoll (ca. 25 mm) und weniger. Der kleinste nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zu bearbeitende Inkreisdurchmesser liegt bei et-

wa 12 mm bis 16 mm

[0009] Um der Gefahr des Verklemmens zu begegnen, ist insbesondere vorgesehen, einen relativ kurzen Strahldüsenkopf zu verwenden, um so auch enge Kurvenradien überwinden zu können. Bei einem Innendurchmesser des Rohrbogens von 16 mm beispielsweise ist ein Strahldüsenkopf mit einer Länge von nur etwa 12 mm vorgesehen.

[0010] Ein hydraulischer, pneumatischer oder motorischer Antrieb für das Stützelement ist zwar möglich. Vorteilhaft ist jedoch, zwischen dem Stützelement und dem Lagerelement eine Vorschubeinheit vorzusehen, die einfach durch eine Feder, insbesondere eine Druckfeder gebildet ist. Das Werkstück wird dann an das Ende des Stützelements geführt und bewegt dieses etwas gegenüber dem Lagerelement zurück. Damit wird auch die Feder gespannt und eine konstante Andruckkraft erzeugt. Nach dem Abziehen des Werkstücks schiebt die Feder das Stützrohr in die Ausgangsstellung zurück.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verfestigungsstrahlen sowie eine vorteilhafte Strahldüseneinheit dafür werden nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Strahldüseneinheit mit Bezug auf die Zeichnung näher erläutert, wobei auch weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung beschrieben werden. Die Figuren zeigen:

- Fig. 1 eine Strahldüseneinheit in Arbeitsstellung im Schnitt;
- Fig. 2 eine Strahldüseneinheit in Ladestellung im Schnitt
- Fig. 3 eine Strahldüseneinheit in Arbeitsstellung in vergrößerter Schnittdarstellung;
- Fig. 4 eine Arbeitskammer in Ladestellung in perspektivischer Ansicht und
- Fig. 5 eine Arbeitskammer in Arbeitsstellung in perspektivischer Ansicht.

[0012] Figur 1 zeigt rechts ein Werkstück 200 wie beispielsweise ein Stabilisatorelement eines Kraftfahrzeug-Fahrgestells im Bereich einer Krümmung 202. Es besitzt wenigstens eine innere Bohrung 201. Daneben ist in Figur 1 eine Strahldüseneinheit 100 im Schnitt dargestellt, die die folgenden wesentlichen Baugruppen umfasst:

- einen flexiblen Strahlmittelzuführungsschlauch 10 mit einem Strahldüsenkopf 20;
- ein Stützelement 30, in welchem der Strahlmittelzuführungsschlauch 10 geführt ist;
- ein ortsfestes Lagerelement 40, in welchem das Stützelement 30 verschiebbar geführt ist ;
- eine Vorschubeinheit zum Anlegen des Stützelements 30 an das Ende 203 des zu bearbeitenden Werkstückes 200 sowie

- eine Verfahreinheit 50 zum Verschieben des Strahlmittelzuführungsschlauchs 10 und des Strahldüsenkopfes 20 gegenüber dem zu bearbeitenden Werkstück 200.

[0013] Bei der Erfindung ist der Strahlmittelzuführungsschlauch 10 nach hinten hin mit einem starren Strahlmittelzuführungsrohr 12 verbunden. Dieses wiederum endet in einer Einspannung in der Verfahreinheit 50 und schließt dort mit einem geeigneten Anschlussstück 13 ab, an das ein herkömmlicher Strahlmittelzuführungsschlauch anschließbar ist. Die Einheit aus Strahlmittelzuführungsschlauch 10 und Strahlmittelzuführungsrohr 12 ist innerhalb des rohrförmigen Stützelements 30 verschiebbar gelagert.

[0014] Die Stellung in Figur 1 entspricht der Arbeitsstellung, in welcher das Shot-Peening an der Innenwandung der Rohrbohrung 201 des Werkstücks 200 ausgeführt wird, indem ein geeignetes Strahlmittel, wie insbesondere kleine Stahlkugeln, über Druckluft beschleunigt wird und seitlich aus dem Strahldüsenkopf 20 austritt. Das Stützelement 30 mitsamt des darin gelagerten flexiblen Strahlmittelzuführungsschlauchs 10 ist über die Vorschubeinheit bis an die Mündung des Werkstücks 200 herangeschoben worden. Ein trichterförmiges Zentrierelement 31 ist vorgesehen, um eine feste und präzise Anlage des Stützelements 30 an das Werkstückende zu erreichen und während des Strahlens zu halten. Das Stützelement 30 ist seinerseits wiederum in einem Lagerelement 40 gelagert, das beim dargestellten Ausführungsbeispiel ebenfalls rohrförmig ist. Das Lagerelement 40 seinerseits kann in einer Arbeitskammerwand 310 befestigt sein, so dass das Werkstück 200 abgeschirmt innerhalb einer Arbeitskammer behandelt werden kann und austretendes Strahlmittel aufgefangen werden kann. Das in die Arbeitskammer hinein ragende Ende des Lagerelements 40 besitzt einen Faltenbalg 43 zur Abdichtung des Spaltes zwischen dem Stützelement 30 und dem Lagerelement 40.

Die verschieblich ineinander geführten Baugruppen 20, 30, 40 besitzen verschiedene Festanschlüsse 34, 35, 45, über die die relativ zueinander möglichen Verschiebewege begrenzt werden. Der Festanschlag 35 am Ende des Stützelements 30 ist als überkragender Absatz am Stützelement 30 ausgebildet, so dass das Stützelement 30 nur gegenüber dem Lagerelement 40 verschoben werden kann, bis der Festanschlag 35 am Lagerelement 40 anliegt. Figur 3 zeigt die erfindungsgemäße Strahldüseneinheit 100 und das Werkstück 200 in derselben Stellung wie in Fig. 1 in einer vergrößerten Darstellung.

Das Lagerelement 40 umgibt die anderen Elemente und besitzt an seiner dem Werkstück 200 zugewandten Seite den Faltenbalg 43 zur Abschirmung. Darin ist das Stützelement 30 verschiebbar gelagert. Zugleich als Gleitlager und als Abdichtung sind Gleitlagerelemente 46, 47 im Ringspalt zwischen dem Lagerelement 40 und dem Stützelement 30 vorgesehen. Dabei ist das in Fig. 2 linke Gleitlagerelement 46 durch eine endseitig angeschraub-

te Ringscheibe im Lagerelement 40 festgelegt. Das andere Lagerelement 36 ist durch einen Sicherungsring am Außenumfang des Stützelements 30 festgelegt. Das Lagerelement 36 bildet zugleich einen Festanschlag für ein Federelement 44, welches wiederum an einem Festanschlag 45 am Innenumfang des Lagerelements 40 festgelegt ist. Über das Lagerelement 36, das gestauchte Federelement 44 und den Festanschlag 45 wird verhindert, das Stützelement 30 nach links aus dem Lagerelement 40 heraus zu ziehen.

[0015] Insbesondere dienen die zuletzt genannten Elemente jedoch als Vorschubeinheit, um das Stützrohr 30 mittels des entspannten, als Druckfeder ausgebildeten Federelements 44 in feste Anlage am Werkstückende 203 zu bringen und dort halten, während der Strahlvorgang läuft. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der Strahldüseneinheit 100 ist somit kein angetriebener Aktor vorgesehen, um die Relativbewegung zwischen dem Lagerelement 40 und dem Stützelement 30 vorzunehmen. Vielmehr wird das Werkstück über das Federelement 44 auf das Stützelement 30 zubewegt, sobald die Verfahreinheit 50 keine rückholende Kraft mehr ausübt. Das Stützelement 30 zentriert sich mittels des Zentrierelements 31 an seinem Ende selbsttätig.

[0016] Der Weg des Werkstückendes vor Beginn der Strahlbehandlung kann so gewählt werden, dass das Werkstück 200 unter Stauchung des Federelements 44 das Stützelement 30 etwas gegenüber dem Lagerelement 40 zurückschiebt. Durch die Federkraft kann ohne zusätzlichen Antrieb eine weitgehende konstante Andruckkraft während des folgenden Strahlvorgangs beibehalten werden. Nach dem Zurückziehen des Werkstücks federt das Federelement 44 wieder vollständig aus und bringt das Stützelement 40 in seine Ausgangslage.

[0017] Der Außenumfang des Strahldüsenkopfes 12 ist mit einem Abstand gegenüber der Werkstückinnenwandung positioniert. Der Außenumfang ist also kleiner als der Innendurchmesser der Werkstückbohrung 201 in dem zu bearbeitenden Werkstück 200, und zwar so deutlich kleiner, dass dazwischen ein Luftspalt verbleibt, der es ermöglicht, das Stützelement 15 vor und zurück zu bewegen, ohne dass dieses innerhalb der Werkstückbohrung 201 verklemmt.

[0018] Erfindungswesentlich ist, dass der Strahlmittelzuführungsschlauch 10 mit dem Strahlkopf 20 einen kleinen Durchmesser hat, so dass er in der Werkstückbohrung 201 geführt werden kann, ohne zu verklemmen und dass er zu Beginn des Strahlens von dem Stützelement 30 geführt wird und dann zunehmend auch von dem Werkstück selbst. Die Länge des Strahlmittelzuführungsschlauchs 10 wird auch nur so gewählt, dass er bis zum Ende der Werkstückbohrung 201 vorgeschoben werden kann, wie in den Figuren 1 und 3 gezeigt. Damit wird ein Ausknicken des Strahlmittelzuführungsschlauchs 10 wirksam verhindert.

[0019] Die übrigen Bereiche der Länge in der Strahlmittelzuführung werden durch das starre Strahlmittelzu-

führungrohr 12 gebildet, das ebenfalls in dem Stützelement 30 geführt ist und hinten frei aus diesem heraustritt. Zur zentrierten Führung innerhalb des Stützelements 30 besitzt das Stützrohr 12 wenigstens ein ringförmiges Zentrierelement 13, das zugleich auch ein Festanschlagelement bilden kann, welches am Ende des vorgesehenen Rückzugsweges an einem Festanschlagelement 34 an der Innenseite des Stützelements 30 anliegt.

[0020] Hinsichtlich des Zentrierelements 31 am Stützelement 30 ist in Figur 3 erkennbar, dass dieses so ausgebildet ist, dass das Werkstückende 203 am Ende des trichterförmigen Abschnitts in einer Vertiefung liegt, deren Form und Größe exakt mit dem Außenumfang des Werkstückendes 203 übereinstimmt. Zugleich geht die Werkstückbohrung bündig in die Bohrung im Zentrierelement 30 über, wobei bündig im Sinne der Erfindung nicht nur den stufenlosen Übergang bei gleichen Innendurchmessern sondern auch eine kontinuierlichen, versatzfreien Übergang mit kegelförmigen Übergängen bezeichnet. Zweck ist es, Durchmessersprünge zu vermeiden, an denen insbesondere bei der Rückzugsbewegung der Strahldüsenkopf hängen bleiben könnte.

[0021] Das Verfahren zum Verfestigungsstrahlen einer Rohrrinnenwandung eines gekrümmten Werkstücks 200 mit einer Werkstückbohrung 201 wird nachfolgend anhand der Figuren erläutert.

[0022] Figur 4 zeigt Teile eines Arbeitskammersystems 300 mit einer Arbeitskammer 310 mit einer Arbeitskammeröffnung 313. Zu sehen ist noch ein Bedienerpult. Nicht dargestellt sind der Übersichtlichkeit halber bekannte Baugruppen für die Zuführung des Strahlmittels zu der Strahldüseneinheit sowie zur Absaugung des Strahlmittels und des Staubs aus der Arbeitskammer und zur Aufbereitung des Strahlmittels zwecks erneuter Einschleusung des Strahlmittels in einem geschlossenen Kreislauf

[0023] Beidseits der Arbeitskammeröffnung 313 sind schwenkbare Türen 311, 312 angebracht, wobei die Arbeitskammeröffnung nicht durch die Türen 311, 312 gemeinsamen verschlossen wird, sondern abwechselnd durch die eine oder die andere Tür 311, 312. An der Türinnenseite sind Werkstückhalterungen angebracht.

[0024] Darin wird in einer Ladestellung jeweils ein Werkstück 200 eingesetzt. Im Inneren der Arbeitskammer 310 ist eine Strahldüseneinheit 100 angeordnet, die ein gemeinsames Lagerelement 40 für vier Stützelemente 30 mit Strahlmittelzuführungsschlauch 10 und Strahldüsenkopf 20 vorsieht. Die Enden der Stützelemente 30 weisen in Richtung der Arbeitskammeröffnung 313. Die Strahlmittelzuführungsschläuche 10 sind soweit gegenüber dem Stützelement 30 zurückgezogen worden, wie in Figur 2 gezeigt. Dabei liegt der Strahldüsenkopf 20 vollständig innerhalb des Stützelements 30. Dies wird durch eine Bewegung der Verfahreinheit 50 erreicht.

[0025] Der Zentriertrichter 31 ist nun vollständig frei. Wie durch den Blockpfeil rechts in Figur 2 angedeutet wird nun das Werkstückende 203 auf den Zentriertrichter 31 zubewegt. Dies geschieht in der Endphase der Schlie-

ßung einer der Türen 311, 312 an der Arbeitskammer 310.

[0026] In Figur 5 ist die linke Tür 311 vollständig geschlossen. Die rechte Tür hingegen ist frei und kann an ihren Werkstückhalterungen bestückt werden. Im Inneren der Arbeitskammer liegt nun die Stellung der Werkstückenden 203 gegenüber den Strahldüseneinheiten 100 vor, die in den Figuren 1 und 3 gezeigt ist: das Werkstückende 203 liegt in Berührung mit dem Zentriertrichterelement 31 am Stützelement 30 an. Das Stützelement 30 ist gegenüber dem Lagerelement 40 zurückgeschoben, was insbesondere an den unterschiedlichen Stellungen des Bundes 35 in Figur 1 gegenüber der vorherigen Stellung gemäß Figur 2 sichtbar wird. Das Federelement 44 ist etwas gestaucht.

[0027] Es kann nun der eigentliche Bearbeitungsvorgang begonnen werden. Dazu wird die Verfahreinheit 50 auf das Lagerelement 40 und das Stützelement 30 zu bewegt. Das damit verbundene Strahlmittelzuführungrohr 12 schiebt den Strahlmittelzuführungsschlauch 10 und den Strahldüsenkopf 20 vor. Sobald das Werkstückende 203 erreicht ist, wird das Strahlmittel eingeleitet und die Behandlung beginnt.

[0028] Das Strahlen wird durch Fördern eines Strahlmittels durch den Strahlmittelzuführungsschlauch 10 zum Strahldüsenkopf 12 mittels Druckluft eingeleitet. Große Mengen des Strahlmittels werden beschleunigt und prallen auf die Rohrrinnenwandung auf. Beispielsweise wird ein Luftdruck von 5 bis 6 bar eingesetzt, um einen Durchfluss an Strahlmittel von ca. 1 kg/min zu erreichen.

[0029] Das Strahlmittelzuführungrohr 12 und der Strahlmittelzuführungsschlauch 10 werden dann mit konstanter Geschwindigkeit über die Verfahreinheit 50 weiter vorgeschoben, bis der Strahldüsenkopf 20 die in den Figuren 1 und 3 jeweils gezeigte Endstellung am anderen Ende des Werkstücks 200 erreicht hat. Danach beginnt der Rückzug des Strahldüsenkopfes 20. Dabei kann weiterhin Strahlmittel ausgestrahlt werden, um den Behandlungseffekt zu verbessern.

[0030] Sobald der Strahldüsenkopf 20 wieder das Werkstückende 203 erreicht hat, wird die Strahlmittelzufuhr unterbrochen und der Strahldüsenkopf 20 wird soweit zurückgezogen, wie in Figur 2 gezeigt. Durch Öffnen der Tür 311 rückt das Werkstück 20 von dem Stützrohr 30 ab, welches durch die Feder 44 in seine Ausgangslage zurückbewegt wird.

[0031] Durch Schließen der anderen, rechten Tür 312, an der zwischenzeitlich neue Werkstücke aufgespannt wurden, kann der beschriebene Vorgang sogleich wiederholt werden, während die nun die bereits behandelten Werkstücke von der frei stehenden Tür abgenommen werden können

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verfestigungsstrahlen einer Rohrin-

nenwandung eines gekrümmten Werkstücks (200) mit einer Werkstückbohrung (201), mit wenigstens folgenden Schritten:

- a) Bereitstellen einer Strahldüseneinheit (100), die einen mit einem flexiblen Strahlmittelzuführungsschlauch (10) verbundenen Strahldüsenkopf (20) aufweist, welcher mehrere über den Umfang verteilte Düsenöffnungen (21) besitzt und welcher mit seinem Außenumfang einen Abstand gegenüber der Werkstückinnenwandung zur Ausbildung eines Luftspalts wahr,
 - b) Strahlen durch Fördern eines Strahlmittels durch den Strahlmittelzuführungsschlauch (10) zum Strahldüsenkopf (20) mittels Druckluft und Ausstrahlen des Strahlmittels auf die Werkstückinnenwandung;
 - c) wobei zumindest ein zu dem Strahldüsenkopf (20) benachbarter Endbereich des Strahlmittelzuführungsschlauchs (10) durch ein Stützelement (30) hindurchgeführt wird;
 - d) wobei das Stützelement (30) an ein Werkstückende (203) oder das Werkstückende (203) an das Stützelement (30) angelegt wird;
 - e) wobei der Strahlmittelzuführungsschlauch (10) mitsamt des Strahldüsenkopfes (20) in die Werkstückbohrung (201) eingeführt wird und entlang einer Strahlbehandlungsstrecke innerhalb der Werkstückbohrung (201) vorgeschoben und anschließend wieder in das Stützelement (30) zurückgezogen wird, wobei das Strahlmittel während der Vorwärtsbewegung und/oder während der Rückzugsbewegung durch die Düsenöffnungen (21) abgegeben wird; und
 - f) wobei das Stützelement (30) von dem Werkstückende (203) zurückgezogen wird oder das Werkstückende (203) von dem Stützelement (30) zurückgezogen wird;

dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlmittelzuführungsschlauch (10) an seinem von dem Strahldüsenkopf (20) abgewandten Ende mit einem starren Strahlmittelzuführungrohr (12) verbunden ist und wobei die Einheit aus Strahlmittelzuführungsschlauch (10) und Strahlmittelzuführungrohr (12) innerhalb des Stützelements (30) verschiebbar geführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strahlmittelzuführungsschlauch (10) und/oder das Strahlmittelzuführungrohr (12) bis gegen einen Festanschlag (34) im Stützelement (30) zurückgezogen werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützelement (30) in einem ortsfesten Lagerelement (40) geführt

und mittels eines Federelements (44) an das Ende des Werkstückes (200) angelegt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Anlegen des Stützelements (30) an das Ende des Werkstückes (200) die Bohrung des Stützelements (30) mit der Werkstückbohrung (201) fluchtet.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahldüseneinheit (100) in einer Arbeitskammer (310) verwendet wird, welche zwei Türen (311, 312) besitzt, wobei über jede der Türen (311, 312) allein eine Arbeitskammeröffnung wechselweise verschließbar ist, und wobei an der Innenseite der Türen (311, 312) die Werkstücke (200) aufgenommen werden.

6. Strahldüseneinheit (100) zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, mit wenigstens:

- einem flexiblen Strahlmittelzuführungsschlauch (10)
- einem mit dem Strahlmittelzuführungsschlauch (10) verbundenen Strahldüsenkopf (20), welcher mehrere über den Umfang verteilte Düsenöffnungen (21) aufweist, wobei der Außenumfang des Strahldüsenkopfes (21) kleiner ist als der Innendurchmesser der Werkstückbohrung (201) in einem zu bearbeitenden Werkstück (200);
- einem Stützelement (30), in welchem der Strahlmittelzuführungsschlauch (10) geführt ist; und
- einem ortsfesten Lagerelement (40), in welchem das Stützelement (30) verschiebbar geführt ist.

dadurch gekennzeichnet,

dass der Strahlmittelzuführungsschlauch (10) an seinem von dem Strahldüsenkopf (20) abgewandten Ende mit einem starren Strahlmittelzuführungsrohr (12) verbunden ist, wobei die Einheit aus Strahlmittelzuführungsschlauch (10) und Strahlmittelzuführungsrohr (12) innerhalb des Stützelements (30) verschiebbar gelagert ist.

7. Strahldüseneinheit (100) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** außen am Strahlmittelzuführungsschlauch (10) und/oder an dem Strahlmittelzuführungsrohr (12) wenigstens ein Zentrierelement (13) zur Zentrierung gegenüber dem Stützelement (30) ausgebildet oder angebracht ist.

8. Strahldüseneinheit (100) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** innen am Stützelement (30) wenigstens ein Zentrierelement oder ein

Festanschlagelement (34) zur Zentrierung des innen geführten Strahlmittelzuführungsschlauchs (10) und/oder des Strahlmittelzuführungsrohrs (12) und zur Wegbegrenzung ausgebildet oder angebracht ist.

9. Strahldüseneinheit (100) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Lagerelement (40) ein Anschlag (45) für ein Federelement (44) ausgebildet ist, welches Federelement (44) zudem direkt oder indirekt an einem Festanschlag (34) an dem Stützelement (30) abgestützt ist.

10. Strahldüseneinheit (100) nach wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützelement (30) über zwei Gleitlagerelemente (36, 46) in dem Lagerelement (40) gelagert ist.

11. Strahldüseneinheit (100) nach wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützelement (30) an seiner einen Mündung mit einem Zentrierelement (31) zur Aufnahme des Werkstücks (200) versehen ist.

12. Strahldüseneinheit (100) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkstückinnenwandung (201) des zu bearbeitenden Werkstücks (200) bündig in die Innenwandung des Zentrierelements (31) übergeht.

13. Strahldüseneinheit (100) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 12, **gekennzeichnet durch** eine Verfahreinheit (50) zum Verfahren des von dem Strahldüsenkopf (20) abgewandten Endes des Strahlmittelzuführungsschlauchs (10) bzw. des sich daran anschließenden Strahlmittelzuführungsrohrs (12) gegenüber dem zu bearbeitenden Werkstück (200).

14. Strahlkammersystem (300) mit wenigstens:

- einer Arbeitskammer (310) mit einer Arbeitskammeröffnung (313), die mit wenigstens einer Tür (311, 312) verschließbar ist;
- einer Strahlmittelzuführungseinheit, welche das Strahlmittel zu wenigstens einer innerhalb der Arbeitskammer (310) angeordneten Strahldüseneinheit (100) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 13 führt;

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** an der dem Arbeitskammerinnenraum zugewandten Türinnenseite wenigstens eine Werkstückhalterung für ein Werkstück (200) angeordnet ist und wobei das Werkstück derart in

der Werkstückhalterung ausgerichtet ist, dass das Werkstückende bei geschlossener Tür (311, 312) in den Arbeitskammerinnenraum weist,

- **dass** die Mündung des Stützelements (30) der Strahldüseneinheit (100) in Richtung der Arbeitskammeröffnung (313) weist
- und **dass** beim Schließen einer der Türen (311, 312) das dort gehaltene Werkstück mit seinem Werkstückende (203) bis vor oder bis an die Mündung des Stützelements (30) geführt wird.

15. Strahlkammersystem (300) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Arbeitskammer (300) zwei mit jeweils wenigstens einer Werkstückhalterung an der Türinnenseite ausgestattete Türen (311, 312) aufweist, die beidseits einer Arbeitskammeröffnung angeordnet sind, wobei die Arbeitskammeröffnung (313) durch je eine der Türen (311, 312) verschließbar ist.

Claims

1. Method for shot preening a pipe inner wall of a curved workpiece (200) having a workpiece bore (201), comprising at least the following steps:

a) providing a blast nozzle unit (100) which has a blast nozzle head (20) which is connected to a flexible blasting agent supply hose (10) and which has a plurality of nozzle openings (21) distributed over the circumference and which, by way of its outer circumference, maintains a distance from the workpiece inner wall for forming an air gap,

b) blasting by conveying a blasting agent through the blasting agent supply hose (10) to the blasting nozzle head (20) by means of compressed air and blasting the blasting agent onto the workpiece inner wall;

c) wherein at least one end region of the blasting agent supply hose (10), which end region is adjacent to the blasting nozzle head (20), is guided through a supporting element (30);

d) wherein the supporting element (30) is attached to a workpiece end (203) or the workpiece end (203) is attached to the supporting element (30);

e) wherein the blasting agent supply hose (10), together with the blasting nozzle head (20), is inserted into the workpiece bore (201) and is advanced along a blasting treatment section within the workpiece bore (201) and then retracted into the supporting element (30) again, wherein the blasting agent is output through the nozzle openings (21) during the advancing movement and/or during the retracting move-

ment; and

f) wherein the supporting element (30) is retracted from the workpiece end (203) or the workpiece end (203) is retracted from the supporting element (30);

characterized in that the blasting agent supply hose (10), at its end which is averted from the blasting nozzle head (20), is connected to a rigid blasting agent supply pipe (12), and wherein the unit comprising the blasting agent supply hose (10) and the blasting agent supply pipe (12) is guided within the supporting element (30) in a displaceable manner.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the blasting agent supply hose (10) and/or the blasting agent supply pipe (12) are retracted until they are against a fixed stop (34) in the supporting element (30).

3. Method according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the supporting element (30) is guided in a stationary bearing element (40) and is attached to the end of the workpiece (200) by means of a spring element (44).

4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that**, when the supporting element (30) is attached to the end of the workpiece (200), the bore of the supporting element (30) is in alignment with the workpiece bore (201).

5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the blasting nozzle unit (100) is used in a working chamber (310) which has two doors (311, 312), wherein a working chamber opening can be alternately closed by means of each of the doors (311, 312) alone, and wherein the workpieces (200) are held on the inner side of the doors (311, 312).

6. Blasting nozzle unit (100) for carrying out the method according to at least one of the preceding claims, comprising at least:

- a flexible blasting agent supply hose (100)
- a blasting nozzle head (20) which is connected to the blasting agent supply hose (10) and which has a plurality of nozzle openings (21) distributed over the circumference, wherein the outer circumference of the blasting nozzle head (21) is smaller than the inside diameter of the workpiece bore (201) in a workpiece (200) to be machined;
- a supporting element (30) in which the blasting agent supply hose (10) is guided; and
- a stationary bearing element (40) in which the supporting element (30) is guided in a displaceable manner,

characterized

in that the blasting agent supply hose (10), at its end which is averted from the blasting nozzle head (20), is connected to a rigid blasting agent supply pipe (12), wherein the unit comprising the blasting agent supply hose (10) and the blasting agent supply pipe (12) is mounted within the supporting element (30) in a displaceable manner.

7. Blasting nozzle unit (100) according to Claim 6, **characterized in that** at least one centring element (13) for centring in relation to the supporting element (30) is formed or fitted to the outside of the blasting agent supply hose (10) and/or to the outside of the blasting agent supply pipe (12).
8. Blasting nozzle unit (100) according to Claim 6 or 7, **characterized in that** at least one centring element or one fixed stop element (34) for centring the blasting agent supply hose (10) which is guided on the inside and/or the blasting agent supply pipe (12) and for limiting travel is formed or fitted on the inside of the supporting element (30).
9. Blasting nozzle unit (100) according to at least one of the preceding Claims 6 to 8, **characterized in that** a stop (45) for a spring element (44) is formed in the bearing element (40), which spring element (44) is additionally supported directly or indirectly on a fixed stop (34) on the supporting element (30).
10. Blasting nozzle unit (100) according to at least one of Claims 6 to 9, **characterized in that** the supporting element (30) is mounted in the bearing element (40) by means of two sliding bearing elements (36, 46).
11. Blasting nozzle unit (100) according to at least one of Claims 6 to 10, **characterized in that** the supporting element (30), at its first mouth, is provided with a centring element (31) for receiving the workpiece (200).
12. Blasting nozzle unit (100) according to Claim 11, **characterized in that** the workpiece inner wall (201) of the workpiece (200) to be machined merges flush with the inner wall of the centring element (31).
13. Blasting nozzle unit (100) according to at least one of the preceding Claims 6 to 12, **characterized by** a movement unit (50) for moving the end of the blasting agent supply hose (10), which end is averted from the blasting nozzle head (20), or the blasting agent supply hose (12) which adjoins the said end of the blasting agent supply hose in relation to the workpiece (200) to be machined.
14. Blasting chamber system (300) comprising at least:

- a working chamber (310) with a working chamber opening (313) which can be closed by at least one door (311, 312);
- a blasting agent supply unit which guides the blasting agent to at least one blasting nozzle unit (100) according to at least one of the preceding Claims 6 to 13 which is arranged within the working chamber (310);

characterized

- **in that** at least one workpiece holder for a workpiece (200) is arranged on the door inner side, which door inner side faces the working chamber interior, and wherein the workpiece is oriented in the workpiece holder in such a way that the workpiece end points into the workpiece chamber interior when the door (311, 312) is closed,
- **in that** the mouth of the supporting element (30) of the blasting nozzle unit (100) points in the direction of the working chamber opening (313), and
- **in that**, when one of the doors (311, 312) is closed, the workpiece which is held there is guided, by way of its workpiece end (203), up to in front of or up to the mouth of the supporting element (30).

15. Blasting chamber system (300) according to Claim 14, **characterized in that** the working chamber (300) has two doors (311, 312) which are equipped with in each case at least one workpiece holder on the door inner side and which are arranged on either side of a working chamber opening, wherein the working chamber opening (313) can be closed by one of the doors (311, 312) in each case.

Revendications

1. Procédé de grenaillage de précontrainte d'une paroi intérieure tubulaire d'une pièce courbe (200) comprenant un alésage de pièce (201), comprenant au moins les étapes suivantes :
 - a) fourniture d'une unité de tuyère de grenaillage (100) qui présente une tête de tuyère de grenaillage (20) connectée à un tuyau flexible d'alimentation en agent de grenaillage (10), laquelle possède plusieurs ouvertures de tuyère (21) réparties sur la périphérie et laquelle, avec son pourtour extérieur, maintient un espacement par rapport à la paroi intérieure de la pièce pour produire un entrefer,
 - b) grenaillage par refoulement d'un agent de grenaillage à travers le tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) jusqu'à la tête de tuyère

re de grenaillage (20) au moyen d'air comprimé et projection de l'agent de grenaillage sur la paroi intérieure de la pièce ;

c) au moins une région d'extrémité du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10), adjacente à la tête de tuyère de grenaillage (20), étant guidée à travers un élément de support (30) ;

d) l'élément de support (30) étant appliqué contre une extrémité de la pièce (203) ou l'extrémité de la pièce (203) étant appliquée contre l'élément de support (30) ;

e) le tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10), conjointement avec la tête de tuyère de grenaillage (20), étant introduit dans l'alésage de la pièce (201) et étant avancé le long d'une section de traitement de grenaillage à l'intérieur de l'alésage de la pièce (201) et étant à nouveau retiré dans l'élément de support (30), l'agent de grenaillage, pendant le déplacement d'avance et/ou pendant le déplacement de retour, étant délivré à travers les ouvertures de tuyère (21) ; et

f) l'élément de support (30) étant retiré de l'extrémité de la pièce (203) ou l'extrémité de la pièce (203) étant retirée de l'élément de support (30) ;

caractérisé en ce que

le tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) est connecté au niveau de son extrémité opposée à la tête de tuyère de grenaillage (20) à un tuyau d'alimentation en agent de grenaillage rigide (12) et l'unité constituée du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) et du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (12) est guidée de manière déplaçable à l'intérieur de l'élément de support (30).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) et/ou le tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (12) sont retirés dans l'élément de support (30) jusqu'à venir en appui contre une butée fixe (34).
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** l'élément de support (30) est guidé dans un élément de palier fixe (40) et est appliqué au moyen d'un élément de ressort (44) contre l'extrémité de la pièce (200).
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** lors de l'application de l'élément de support (30) contre l'extrémité de la pièce (200), l'alésage de l'élément de support (30) est en affleurement avec l'alésage de la pièce (201).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'unité de tuyère de

grenaillage (100) est utilisée dans une chambre de travail (310) qui possède deux portes (311, 312), une ouverture de chambre de travail pouvant être fermée de manière sélective par le biais de chacune des portes (311, 312) et les pièces (200) étant reçues au niveau du côté intérieur des portes (311, 312).

6. Unité de tuyère de grenaillage (100) pour mettre en œuvre le procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins :

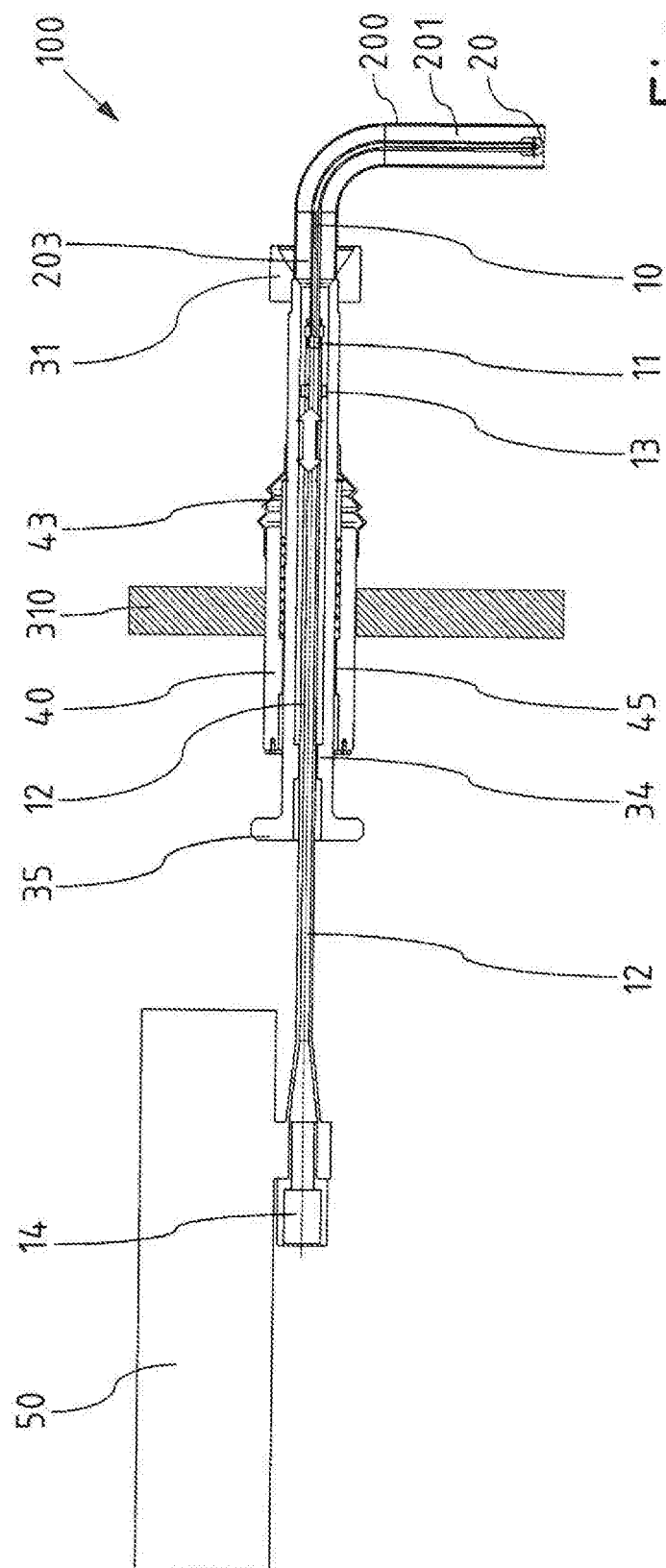
- un tuyau flexible d'alimentation en agent de grenaillage (10),
- une tête de tuyère de grenaillage (20) connectée au tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10), qui présente plusieurs ouvertures de tuyère (21) réparties sur la périphérie, le pourtour extérieur de la tête de tuyère de grenaillage (21) étant inférieur au diamètre intérieur de l'alésage de la pièce (201) dans une pièce (200) à usiner ;
- un élément de support (30) dans lequel est guidé le tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) ; et
- un élément de palier fixe (40) dans lequel est guidé de manière déplaçable l'élément de support (30),

caractérisé en ce que

le tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) est connecté au niveau de son extrémité opposée à la tête de tuyère de grenaillage (20) à un tuyau d'alimentation en agent de grenaillage rigide (12), l'unité constituée du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) et du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (12) étant supportée de manière déplaçable à l'intérieur de l'élément de support (30).

7. Unité de tuyère de grenaillage (100) selon la revendication 6, **caractérisée en ce qu'à** l'extérieur au niveau du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) et/ou au niveau du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (12) est réalisé ou monté un élément de centrage (13) pour le centrage par rapport à l'élément de support (30) .
8. Unité de tuyère de grenaillage (100) selon la revendication 6 ou 7, **caractérisée en ce qu'à** l'intérieur au niveau de l'élément de support (30) est réalisé ou monté au moins un élément de centrage ou un élément de butée fixe (34) pour le centrage du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) guidé à l'intérieur et/ou du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (12) et pour la limitation de la course.
9. Unité de tuyère de grenaillage (100) selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 6

- à 8, **caractérisée en ce qu'**une butée (45) pour un élément de ressort (44) est disposée dans l'élément de palier (40), lequel élément de ressort (44) est en outre supporté directement ou indirectement contre une butée fixe (34) au niveau de l'élément de support (30). 5
10. Unité de tuyère de grenaillage (100) selon au moins l'une des revendications 6 à 9, **caractérisée en ce que** l'élément de support (30) est supporté dans l'élément de palier (40) par le biais de deux éléments de palier lisse (36, 46). 10
11. Unité de tuyère de grenaillage (100) selon au moins l'une quelconque des revendications 6 à 10, **caractérisée en ce que** l'élément de support (30) est pourvu au niveau de l'une de ses embouchures d'un élément de centrage (31) pour recevoir la pièce (200). 15
12. Unité de tuyère de grenaillage (100) selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** la paroi intérieure de pièce (201) de la pièce à usiner (200) se prolonge en affleurement dans la paroi intérieure de l'élément de centrage (31). 20
13. Unité de tuyère de grenaillage (100) selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes 6 à 12, **caractérisée par** une unité de déplacement (50) pour déplacer l'extrémité opposée à la tête de tuyère de grenaillage (20) du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (10) ou du tuyau d'alimentation en agent de grenaillage (12) s'y raccordant par rapport à la pièce à usiner (200). 25 30
14. Système de chambre de grenaillage (300) comprenant au moins : 35
- une chambre de travail (310) avec une ouverture de chambre de travail (313) qui peut être fermée par au moins une porte (311, 312) ; 40
 - une unité d'alimentation en agent de grenaillage qui conduit l'agent de grenaillage à au moins une unité de tuyère de grenaillage (100) disposée à l'intérieur de la chambre de travail (310) selon au moins l'une quelconque des revendications 6 à 13 ; 45
- caractérisé en ce que**
- au moins un porte-pièce pour une pièce (200) est disposé au niveau du côté intérieur de la porte tourné vers l'espace interne de la chambre de travail, et la pièce est orientée dans le porte-pièce de telle sorte que l'extrémité de la pièce soit tournée dans l'espace intérieur de la chambre de travail lorsque la porte (311, 312) est fermée, 50 55
 - l'embouchure de l'élément de support (30) de l'unité de tuyère de grenaillage (100) est tournée dans la direction de l'ouverture de la chambre de travail (313),
 - et **en ce que** lors de la fermeture de l'une des portes (311, 312) la pièce qui y est retenue est guidée avec son extrémité de pièce (203) jusqu'avant ou jusqu'au niveau de l'embouchure de l'élément de support (30).
15. Système de chambre de grenaillage (300) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la chambre de travail (300) présente deux portes (311, 312) munies chacune d'au moins un porte-pièce au niveau du côté intérieur de la porte, lesquelles sont disposées de part et d'autre d'une ouverture de chambre de travail, l'ouverture de chambre de travail (313) pouvant être fermée à chaque fois par l'une des portes (311, 312).



79.1

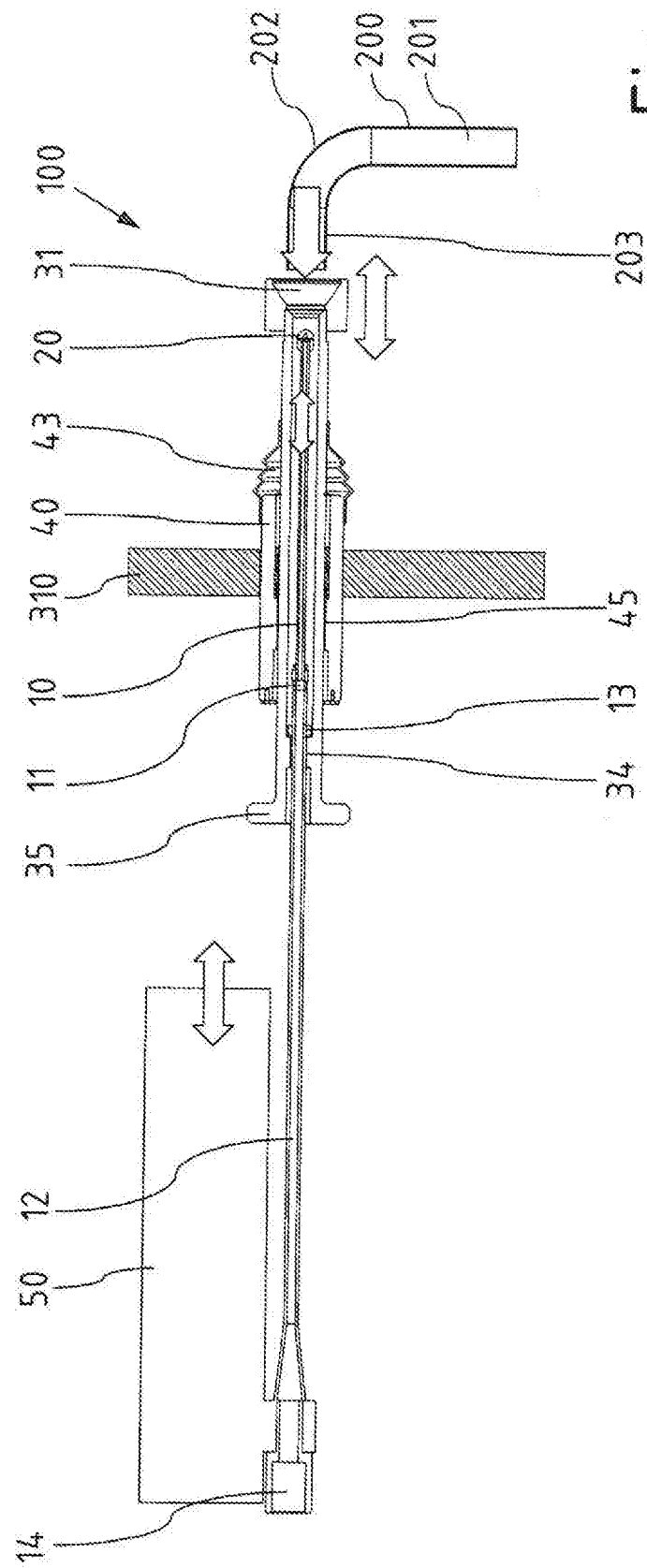


Fig. 2

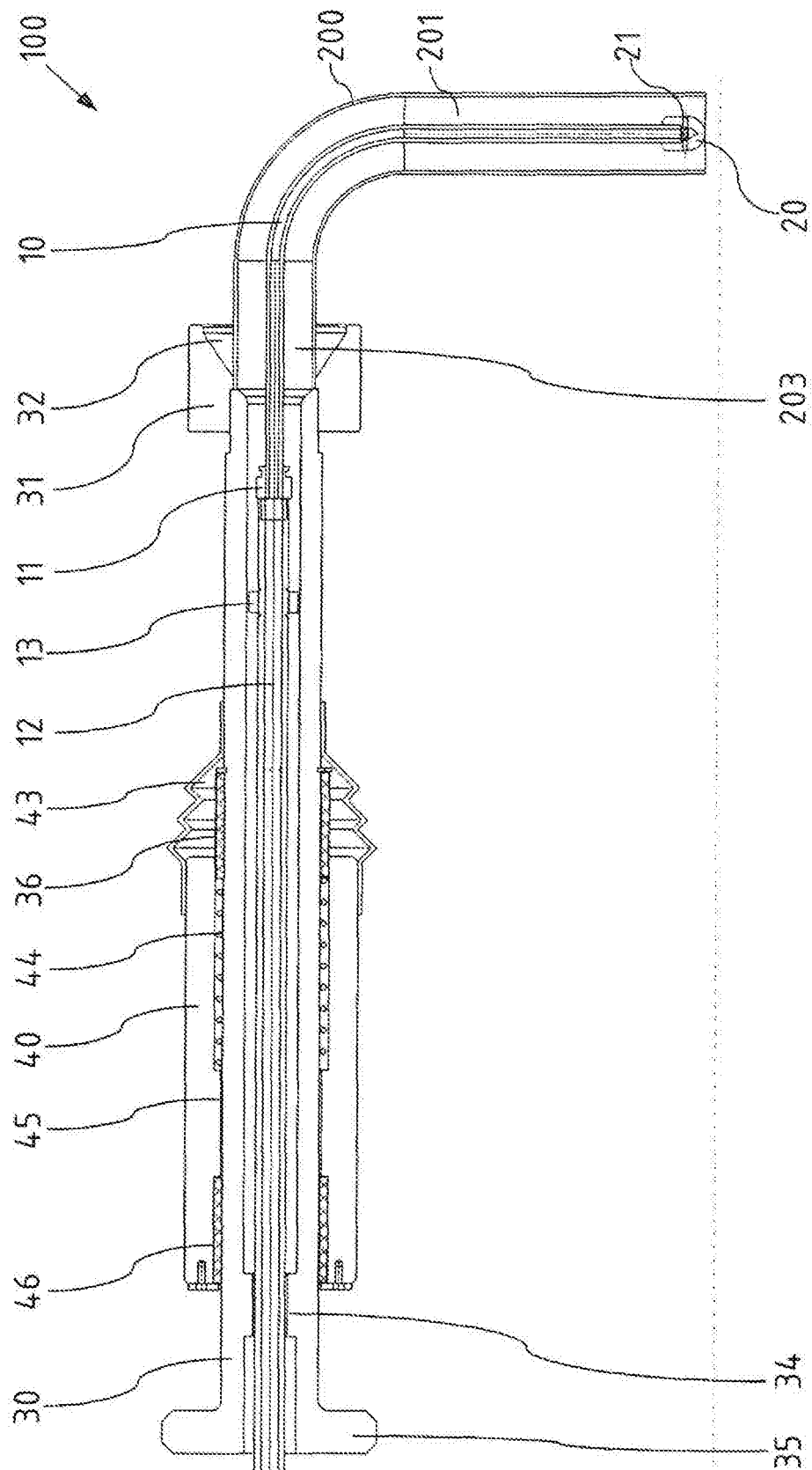


Fig. 3

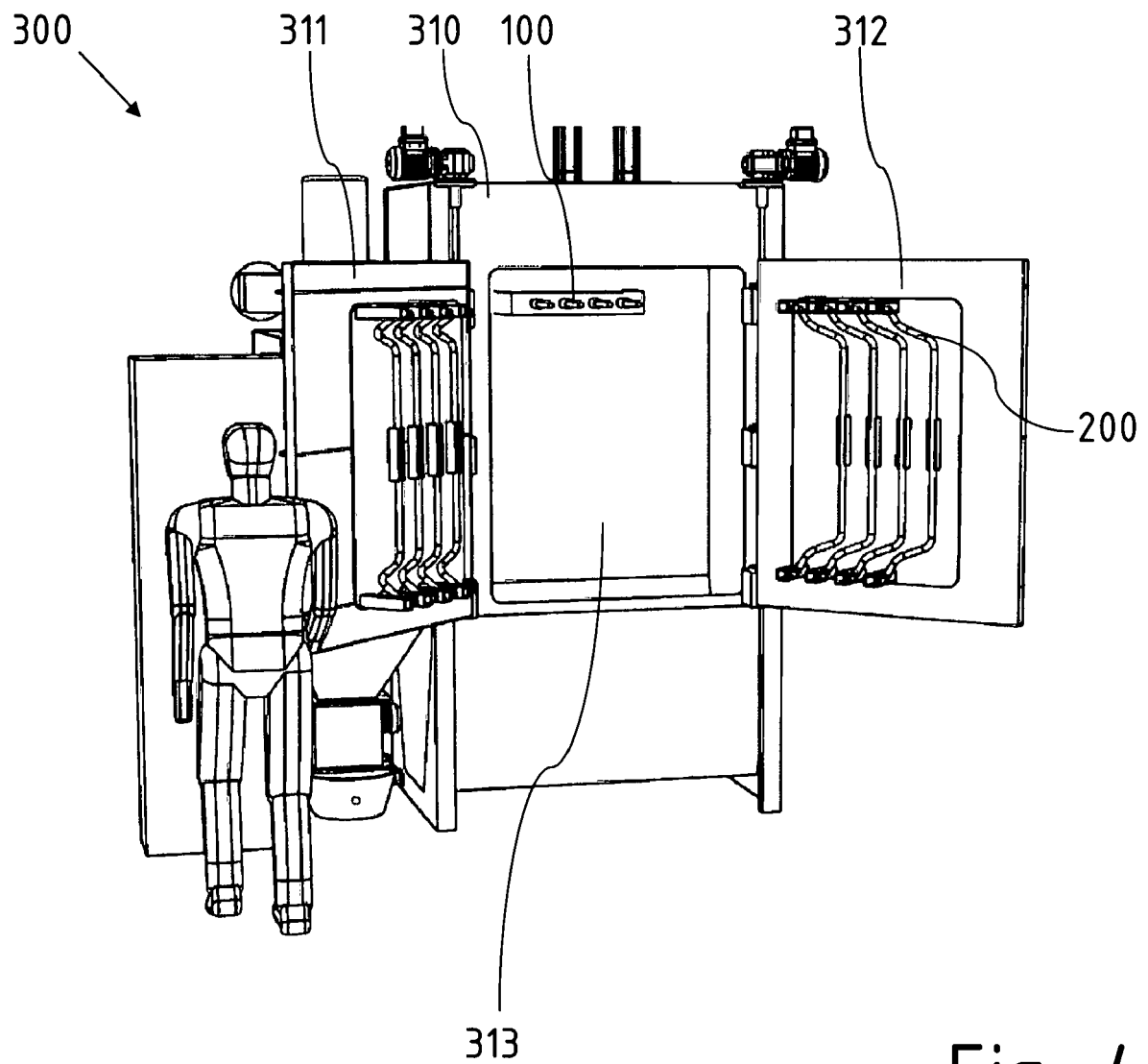


Fig. 4

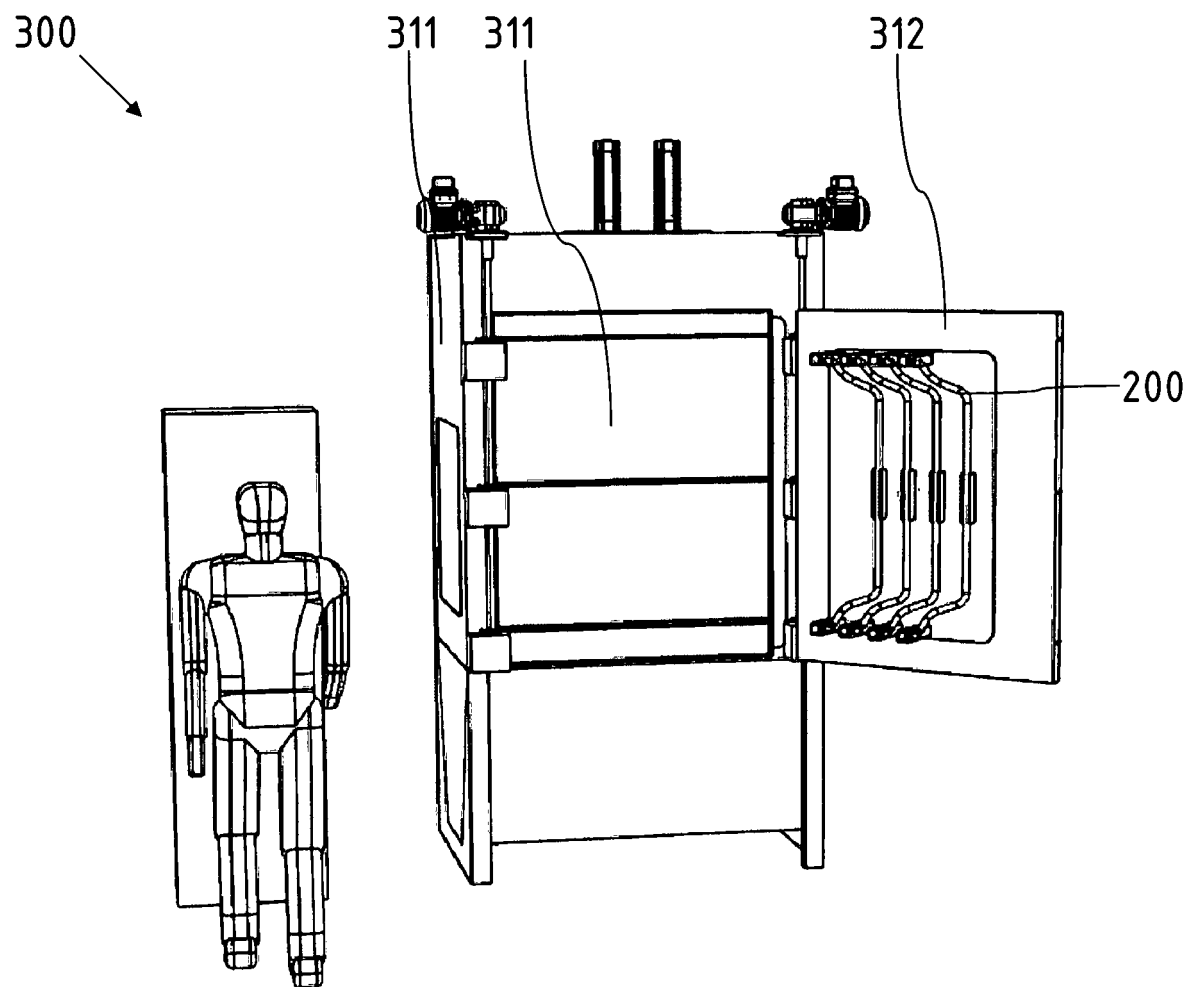


Fig. 5

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

- US 4893490 A [0001]
- DE 3527923 A1 [0001]
- DE 19922265 B4 [0002]
- JP 2012179696 A [0006]
- DE 102011005762 A1 [0007]