(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 755 801 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.10.2015 Patentblatt 2015/43

(21) Anmeldenummer: **11781456.6**

(22) Anmeldetag: **14.09.2011**

(51) Int Cl.:
B24C 1/04 *(2006.01)* ***B24C 7/00*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/065916

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/037406 (21.03.2013 Gazette 2013/12)

(54) **WASSER-ABRASIV-SUSPENSIONS-SCHNEIDANLAGE UND VERFAHREN ZUR ZUFUHR EINES ABRASIVMITTELS IN EINE WASSER-ABRASIV-SUSPENSIONS-SCHNEIDANLAGE**

ABRASIVE WATER JET CUTTING SYSTEM AND METHOD FOR SUPPLYING AN ABRASIVE TO SAID ABRASIVE WATER JET CUTTING SYSTEM

INSTALLATION DE COUPE UTILISANT UNE SUSPENSION AQUEUSE ABRASIVE, ET PROCÉDÉ D'ALIMENTATION EN AGENT ABRASIF D'UNE INSTALLATION DE COUPE UTILISANT UNE SUSPENSION AQUEUSE ABRASIVE

(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:
23.07.2014 Patentblatt 2014/30

(73) Patentinhaber: **ANT Applied New Technologies AG**
23560 Lübeck (DE)

(72) Erfinder:
- **LINDE, Marco**
  23649 Rehhorst (DE)
- **RENTSCH, Thorsten**
  23564 Lübeck (DE)
- **POORT, Hans-Ulrich**
  27419 Sittensen (DE)
- **HOFFMANN, Hans-Jürgen**
  23564 Lübeck (DE)
- **FILTER, Stefan**
  23883 Klein Zecher/Hakendorf (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte Vollmann & Hemmer**
Wallstraße 33a
23560 Lübeck (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 199 136 **DE-A1- 19 849 813**

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).

EP 2 755 801 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen sowie ein Verfahren zur Zufuhr eines Abrasivmittels in einen Hochdruckbereich einer solchen Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage.

[0002] DE 198 49 813 A1 offenbar einen Wasserstrahlschneidkopf, welcher nach dem Injektionsverfahren arbeitet. D. h. es wird Wasser unter hohem Druck aus einer Düse ausgebracht, um einen Schneidwasserstrahl zu erzeugen. Diesem Schneidwasserstrahl wird ein Abrasivmittel als Aufschwemmung, als Paste oder als fester Stab zugeführt. Bei diesem Verfahren wird das Abrasivmittel erst nach dem Austritt des Wassers aus dem Hochdruckbereich an der Düse zugeführt. Dieses Injektionsverfahren hat den Nachteil geringerer Schneidleistungen gegenüber Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlagen.

[0003] Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlagen werden zum Schneiden von Materialien mittels eines Hochdruckwasserstrahls, welchem ein Abrasivmittel zugesetzt ist, verwendet. Dabei ist es bei Wasser-Suspensions-Schneidanlagen so, dass das Wasser unter Hochdruck stromaufwärts einer Austrittsdüse mit dem Abrasivmittel gemischt wird. So kann beispielsweise ein Teil des Wasserstromes durch einen Abrasivmittelbehälter geführt werden, welcher unter Druck steht. Eine solche Anlage ist z. B. aus EP 1 199 136 bekannt. Problematisch bei diesen Anlagen ist das Nachfüllen des Abrasivmittels, da dazu die Anlage außer Betrieb genommen werden muss, der Abrasivmittelbehälter in einen drucklosen Zustand gebracht werden muss und dann erst befüllt werden kann. Dies ist insbesondere bei industriellen Anwendungen, in welchen ein kontinuierliches Schneiden erwünscht ist, problematisch.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage dahingehend zu verbessern, dass im laufenden Betrieb eine Zufuhr des Abrasivmittels in den Hochdruckbereich der Anlage ohne Luftzufuhr möglich ist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen sowie ein Verfahren zur Zufuhr eines Abrasivmittels in einen Hochdruckbereich einer solchen Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage mit den in Anspruch 13 angegebenen Merkmalen gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und den beigefügten Figuren.

[0006] Die erfindungsgemäße Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage verwendet als Hochdruckflüssigkeit Wasser, welches gegebenenfalls mit Zusatzstoffen versehen sein kann. Die Anlage weist in bekannter Weise eine Hochdruckquelle auf, insbesondere eine Hochdruckpumpe, welche den Wasserdruck auf das gewünscht Druckniveau erhöht. Dies ist ein hoher Druck, vorzugsweise ein Druck bis 2500 bar oder höher. Die Hochdruckquelle ist mit einer Austrittsdüse, durch welche ein Wasserabrasivmittelgemisch zum Schneiden oder zur Oberflächenbearbeitung austritt, über zumindest eine Hochdruckleitung verbunden. An der Hochdruckleitung ist eine Abrasivmittel-Zuführeinrichtung angeordnet, durch welche Abrasivmittel in den Hochdruckbereich, d. h. in die Hochdruckleitung zuführbar ist, sodass sich das unter Druck stehende Wasser mit dem Abrasivmittel stromaufwärts der Austrittsdüse mischt. Dazu kann in der Hochdruckleitung ein Mischbereich oder eine Mischkammer ausgebildet sein, in welchem Wasser und zugeführtes Abrasivmittel gemischt werden.

[0007] Erfindungsgemäß ist die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung so ausgebildet, dass sie eine Druckdurchführung zum Zuführen des Abrasivmittels in die Hochdruckleitung aufweist. Dabei ist die Druckdurchführung so ausgebildet, dass das Abrasivmittel in einer festen gebundenen Form oder in einer Umhüllung portioniert in den Hochdruckbereich, welcher von der Hochdruckleitung gebildet wird oder mit der Hochdruckleitung verbunden ist, zugeführt wird. D. h. das Abrasivmittel wird in den Hochdruckbereich in gebundener Form, d. h. in Form eines Festkörpers und nicht lose eingeführt. Dabei ist unter einem Festkörper erfindungsgemäß auch ein gelartig gebundenes Abrasivmitel zu verstehen. Alternativ kann ein loses Abrasivmittel in einer Umhüllung portioniert sein, sodass ein solches portioniertes Abrasivmittelpaket in den Hochdruckbereich eingeführt wird. Der Umstand, dass die Durckdurchführung so ausgebildet ist, dass nicht loses Abrasivmittel zugeführt wird, hat den Vorteil, dass die Ventile bzw. Verschlusselemente der Schleuse nicht mit losem Abrasivmittel in Kontakt kommen, was zu erhöhtem Verschleiß und Undichtigkeiten führen könnte.

[0008] Nach Passieren der Druckdurchführung wird dann im Hochdruckbereich die Bindung des Abrasivmittels wieder aufgelöst, sodass das Abrasivmittel wieder in loser Form vorliegt. Alternativ wird eine Umhüllung des Abrasivmittels geöffnet bzw. aufgelöst, sodass das Abrasivmittel auch dann frei in loser Form vorliegt und im Hochdruckbereich mit dem Wasser unter Druck gemischt werden kann.

[0009] Die Druckdurchführung weist vorzugsweise eine Öffnung auf, durch welche ein in Stangenform gebundenes Abrasivmittel kontinuierlich in den Hochdruckbereich vorschiebbar ist. Dabei weist der Durchmesser der Abrasivmittelstange im Wesentlichen den Durchmesser der Öffnung auf, bzw. ist geringfügig kleiner, sodass die Stange durch die Öffnung in den Hochdruckbereich vorschiebbar ist. Die Stange weist vorzugsweise einen vergleichsweise kleinen Durchmesser, bevorzugt < 1 cm, weiter bevorzugt < 5 mm auf. Dadurch verringert sich die in Längsrichtung der Stange wirkende Kraft, welche vom Innendruck im Hochdruckbereich verursacht wird, sodass die Stange mit vergleichsweise geringer Kraft vorgeschoben werden kann. Dazu weist die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung Vorschubmittel auf, entweder solche,

welche auf die dem Hochdruckbereich abgewandte Seite der Stange drücken oder Vorschubmittel, welche am Außenumfang der Stange angreifen, beispielsweise Vorschubrollen. Die Öffnung kann so ausgestaltet sein, dass ihr Innenumfang dichtend am Außenumfang der Stange zur Anlage kommt. Die Verwendung eines stangenförmig gebundenen Abrasivmittels hat dabei den Vorteil, dass die Außenumfangsfläche der Stange so geformt werden kann, dass eine dichtende Anlage in der Öffnung erreicht werden kann, sodass der Hochdruckbereich nach außen gut abgedichtet werden kann.

[0010] Dazu ist vorzugsweise in der Öffnung zumindest eine Dichtung angeordnet, welche an der Oberfläche des in Stangenform gebundenen Abrasivmittels dichtend zur Anlage kommt. Beim Vorschub der Stange gleitet diese Dichtung an der Oberfläche der Stange entlang. Dazu ist die Oberfläche der Stange vorzugsweise glatt ausgebildet, um einen leichten Vorschub und stets eine dichtende Anlage sicherzustellen. Gegebenfalls können auch mehrere in Vorschubrichtung der Stange hintereinander angeordnete Dichtungen vorgesehen sein, um die erforderliche Dichtigkeit gegenüber dem hohen Druck im Inneren des Hochdruckbereiches sicherzustellen.

[0011] Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist die Druckdurchführung als Schleuse ausgebildet und weist zumindest eine mit zumindest zwei verschließbaren Öffnungen versehene Schleusenkammer auf, von welchen eine erste Öffnung der Abrasivmittelzufuhr in die Schleusenkammer dient und eine zweite Öffnung der Verbindung mit der Hochdruckleitung dient. Eine solche Schleuse ermöglicht es, zuerst die erste Öffnung zu öffnen und eine zweite Öffnung geschlossen zu halten, dann Abrasivmittel, sei es in loser, gebundener (fest oder gelartig) oder umhüllter Form, in die Schleuse einzuführen und dann die erste Öffnung der Schleuse zu verschließen. Anschließend kann die Schleuse gegebenenfalls mit Druck beaufschlagt werden und dann die zweite Öffnung geöffnet werden, während die erste Öffnung verschlossen bleibt, und so das Abrasivmittel dann in das Innere des Hochdruckbereiches bewegt werden. In dem Fall, dass das Abrasivmittel gebunden oder umhüllt ist, kann diese Bindung oder Umhüllung dann im Hochdruckbereich geöffnet bzw. entfernt werden. Auch bei dieser Ausgestaltung der Druckdurchführung als Schleuse ist die Bindung des Abrasivmittels zu einem Festkörper oder die Umhüllung des Abrasivmittels von Vorteil, da die Verschlusselemente der Schleusenkammer so nicht mit losem Abrasivmittel in Kontakt kommen, was zu erhöhtem Verschleiß führen würde und die Dichtwirkung der Verschlusselemente beeinträchtigen könnte. Statt erst die Schleusenkammer nach dem Schließen der ersten Öffnung mit Druck zu beaufschlagen, ist es auch möglich, der ersten Öffnung stromaufwärts der Schleusenkammer einen zweiten abschließbaren Bereich vorzuordnen, welcher druckbeaufschlagbar ist. Dies ermöglicht es, bereits die Schleusenkammer unter Druck zu befüllen. Dies kommt kürzeren Taktzeiten entgegen, da der Druckaufbau in der Schleusenkammer beschleunigt wird.

[0012] Um die Schleusenkammer mit Druck beaufschlagen zu können, sind vorzugsweise Druckerzeugungsmittel zu deren Druckbeaufschlagung vorgesehen. Druck kann beispielsweise durch das unter Hochdruck stehende Wasser, welche in die Schleusenkammer eingeleitet wird, aufgebaut werden. Es sind jedoch auch andere mechanische Druckerhöhungseinrichtungen denkbar, beispielsweise bewegbare Kolben, welche das Volumen der Schleusenkammer zur Druckerhöhung verkleinern.

[0013] Wie beschrieben, sind die zumindest zwei Öffnungen der Schleusenkammer vorzugsweise durch Verschlusselemente verschließbar. Die Verschlusselemente können beispielsweise als Schieber oder ähnliches ausgebildet sein.

[0014] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die zumindest eine Schleusenkammer in einem Schieber, vorzugsweise einem Drehschieber angeordnet, welcher zwischen zumindest einer ersten Position, in welcher die erste Öffnung der Schleusenkammer einer Zuführöffnung gegenüberliegt, und zumindest einer zweiten Position, in welcher die zweite Öffnung der Schleusenkammer eine Eintrittsöffnung der Hochdruckleitung gegenüberliegt, bewegbar ist. D. h. bei dieser Ausführungsform erfolgt das Öffnen und Schließen der beiden Öffnungen der Schleusenkammer durch Bewegung der Schleusenkammer mit dem Schieber. In der ersten Position ist die erste Öffnung des Schiebers einer Zufuhröffnung gegenüberliegend angeordnet, während die zweite Öffnung einer geschlossenen Wandung gegenüberliegt und so verschlossen ist. In dieser Position kann durch die Zufuhröffnung Abrasivmittel in die Schleusenkammer eingefüllt werden. Dies kann unter atmosphärischem Druck oder aber bereits erhöhtem Druck geschehen, wenn die Zufuhröffnung die Austrittsöffnung eines druckbeaufschlagbaren Raumes bildet. So kann beispielsweise ein Raum vorgesehen sein, in welchen unter Druck stehende Flüssigkeit, beispielsweise Wasser, eingefüllt werden kann oder dessen Volumen durch einen beweglichen Kolben verkleinert werden kann. Nach Befüllen der Schleusenkammer wird der Schieber bewegt, insbesondere gedreht, sodass die Schleusenkammer in eine zweite Position bewegt wird, in welcher die erste Öffnung einer geschlossenen Wandung gegenüberliegt und so geschlossen ist, während die zweite Öffnung eine Eintrittsöffnung der Hochdruckleitung bzw. des Hochdruckbereiches gegenüberliegt. Es kann dann aus der zweiten Öffnung das Abrasivmittel in den Hochdruckbereich übertreten. Anschließend kann die Schleusenkammer wieder in die erste Position zurückbewegt werden und erneut befüllt werden.

[0015] Besonders bevorzugt sind mindestens zwei Schleusekammern in dem Schieber so angeordnet, dass sie abwechselnd zwischen der ersten und zweiten Position bewegt werden, sodass sich die erste Schleusenkammer in der ersten Position und die zweite Schleusen-

kammer in der zweiten Position befindet und nach Bewegung des Schiebers die zweite Schleusenkammer in der ersten Position und die erste Schleusenkammer in der zweiten Position befindet. So kann immer eine Schleusenkammer entleert werden und gleichzeitig die zweiten Schleusenkammer gefüllt werden, sodass eine nahezu kontinuierliche Abrasivmittelzufuhr in den Hochdruckbereich erreicht werden kann. Gegebenenfalls könnten auch mehr als zwei Schleusenkammern vorgesehen sein. Besonders bevorzugt lassen sich zwei oder mehr Schleusenkammern in einem Drehschieber anordnen, sodass sie durch Drehung des Drehschiebers zwischen den verschiedenen Positionen bewegt werden können.

[0016] Wie oben beschrieben, wird das Abrasivmittel in die Schleusenkammer in fester, d. h. zu einem Festkörper gebundener Form oder portioniert und umhüllt eingeführt, sodass auch bei Verwendung eines beweglichen Schiebers dessen Gleit- und Dichtflächen vorzugsweise nicht mit losem Abrasivmittel in Kontakt kommen, was zu erhöhtem Verschleiß führen würde und die Dichtwirkung und die Beweglichkeit beeinträchtigen könnte.

[0017] Die Bindung des Abrasivmittels zu einem Festkörper kann auf verschiedene Weise geschehen. So ist es möglich, das Abrasivmittel zunächst direkt als Festkörper auszubilden und diesen dann an der Schneidanlage bereitzustellen und durch die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung in der vorangehend beschriebenen Weise in den Hochdruckbereich einzuführen, wo die Bindung dann in noch näher zu beschreibender Weise gelöst und das Abrasivmittel vereinzelt wird. So kann gebundenes Abrasivmittel, beispielsweise in Stangen- oder Drahtform vorgefertigt werden und dann an der Anlage bereitgestellt werden. Beispielsweise könnte Abrasivmittel in Drahtform aufgewickelt, ähnlich wie Schweißdraht in Schweißanlagen bereitgestellt werden.

[0018] Bevorzugt ist jedoch vorgesehen, dass die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung eine Bindeeinrichtung aufweist, in welcher loses Abrasivmittel vor Ort zu einem Festkörper gebunden wird. D. h. der Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage wird loses Abrasivmittel zugeführt, welches dann in der Abrasivmittel-Zuführeinrichtung zunächst gebunden wird, sodass es dann als Festkörper in den Hochdruckbereich eingeführt werden kann, wo dann die Bindung wieder gelöst wird. Durch die Bindung zu dem Festkörper wird das Einführen in den Hochdruckbereich im laufenden Betrieb möglich, wie vorangehend beschrieben wurde.

[0019] Vorzugsweise kann die Bindeeinrichtung eine Befeuchtungseinrichtung zum Befeuchten des Abrasivmittels, vorzugsweise mit Wasser, und eine Kühleinrichtung aufweisen, welche geeignet ist, das befeuchtete Abrasivmittel zu vereisen bzw. einzufrieren. So wird ein Festkörper durch Änderung des Aggregatzustandes, nämlich durch Abkühlen geschaffen. Die zugeführte Flüssigkeit, insbesondere das Wasser friert ein bzw. vereist und bindet so das zuvor mit dem Wasser gemischte Abrasivmittel zu einem Festkörper. Nach dem Einführen in den Hochdruckbereich wird dieser Festkörper wieder erwärmt, das Wasser taut auf und das Abrasivmittel wird so wieder vereinzelt und liegt im Hochdruckbereich in der gewünschten losen Form zum Schneiden vor. Das Vereisen bzw. Einfrieren kann dabei vorzugsweise kontinuierlich erfolgen, sodass bevorzugt kontinuierlich eine Eisstange in den Hochdruckbereich durch die beschriebene Druckdurchführung zugeführt wird. Alternativ ist es auch möglich, einzelne Portionen, insbesondere in Form von Pellets einzufrieren, d. h. mit Flüssigkeit, insbesondere Wasser vermischtes Abrasivmittel wird ähnlich wie Eiswürfel in eine vorbestimmte Form gefroren und diese Abrasivmittelportionen oder -pellets werden dann durch eine Druckdurchführung, z. B. eine Schleuse in der oben beschriebenen Weise in den Hochdruckbereich eingeführt.

[0020] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die Bindeeinrichtung eine Zumischeinrichtung aufweisen, über welche dem losen Abrasivmittel zumindest ein Bindemittel zumischbar ist. Auch dies erfolgt, besonders bevorzugt kontinuierlich, um so kontinuierlich in idealer Weise einen endlosen Festkörper von Abrasivmittel zu erzeugen, welcher kontinuierlich in den Hochdruckbereich vorgeschoben werden kann. Alternativ ist es jedoch auch möglich, in der vorangehend beschriebenen Weise diskontinuierlich zu arbeiten und beispielsweise das mit dem Bindemittel gemischte Abrasivmittel in Portionen in die Form von Pellets oder ähnlichem zu bringen und diese dann in der oben beschriebenen Weise durch eine Druckdurchführung, z. B. eine Schleuse in den Hochdruckbereich zu überführen. Wesentlich bei all diesen Verfahren ist, dass kein loses, d. h. rieselfähiges Abrasivmittel in den Hochdruckbereich überführt wird, damit das lose Abrasivmittel nicht zu einem Verschleiß der Druckdurchführung führt und die Abdichtung des Hochdruckbereiches im Bereich der Schleuse beeinträchtigen kann. Über die Zumischeinrichtung kann zum einen, wie vorangehend beschrieben, Flüssigkeit, insbesondere Wasser zugemischt werden, sodass dieses dann beispielsweise vereist bzw. eingefroren werden kann, um durch diesen Aggregatzustandwechsel das Abrasivmittel in die gewünschte Festkörperform zu bringen. Alternativ oder zusätzlich können durch die Zumischeinrichtung jedoch auch andere geeignete Bindemittel, beispielsweise Klebemittel, wie Harze oder ähnliches eingebracht werden, um das lose Abrasivmittel in die gewünschte feste Form zu binden.

[0021] Diese Bindemittel können auf verschiedene Weise aushärten. Dazu kann die Bindeeinrichtung Mittel zum chemischen oder physikalischen Aushärten des Bindemittels aufweisen, beispielsweise kann eine Bestrahlung mit ultraviolettem Licht zur Aushärtung vorgesehen sein. Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform kann das Bindemittel als Zweikomponentenbindemittel ausgebildet sein, wobei beide Komponenten über geeignete Zumischeinrichtungen mit dem Abrasivmittel gemischt werden und dann chemisch aushärten.

Es ist auch eine Aushärtung durch Erwärmung oder andere Energiezufuhr denkbar.

[0022] Die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung weist weiter bevorzugt eine der Druckdurchführung nachgeschaltete Vereinzelungseinrichtung zum Auflösen der Bindung des Abrasivmittels auf. D. h. die Vereinzelungseinrichtung ist im Hochdruckbereich gelegen. Diese Vereinzelung kann mechanisch, chemisch oder physikalisch erfolgen. Beispielsweise kann eine mechanische Vereinzelungsvorrichtung nach Art eines Mahlwerkes oder einer Raspel vorgesehen sein, welche das als Festkörper zugeführte Abrasivmittel so zerkleinert oder bricht, dass es in der gewünschten losen Form in dem Wasser vorliegt, wie es zum Schneiden benötigt wird. Im Falle, dass die Festkörperbildung durch Vereisen erfolgt, kann die Vereinzelungseinrichtung beispielsweise aus einer Heizeinrichtung bestehen, welche den Festkörper wieder erwärmt, sodass die Bindung auftaut und das Abrasivmittel vereinzelt wird. Auch wäre eine chemische Vereinzelung möglich, beispielsweise durch die Zufuhr einer weiteren Chemikalie, welche das Bindemittel wieder auflöst. Dazu kann die Vereinzelungseinrichtung eine Zufuhreinrichtung zum Zuführen geeigneter Chemikalien zum Lösen der Bindung aufweisen. Im einfachsten Fall erfolgt ein Auflösen in Wasser, sodass die Bindung bzw. das Bindemittel sich im Wasser, welches zum Schneiden verwendet wird, selbsttätig auflöst. Auch ein Auflösen durch Kühlen, indem z. B. das Bindemittel versprödet und dann der Festkörper zerfällt, wäre denkbar. Dazu wäre dann in der Vereinzelungseinrichtung eine entsprechende Kühleinrichtung vorgesehen.

[0023] Die beschriebene Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage ist besonders bevorzugt für industrielle Schneidanwendungen vorgesehen, wobei die Austrittsdüse vorzugsweise an einem Positioniersystem befestigt ist, über welches die Austrittsdüse relativ zu einem Werkstück bewegt werden kann. Zusätzlich oder alternativ kann auch das Werkstück über entsprechende Positioniereinrichtungen bewegt werden. Bei solchen Anlagen ist es besonders bevorzugt, die Abrasivmittelzufuhr möglichst nahe an die Düse zu verlegen. Aus diesem Grunde ist es bevorzugt, dass auch die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung gemeinsam mit der Austrittsdüse an dem Positioniersystem befestigt ist und gemeinsam mit der Austrittsdüse bewegt wird. So kann die Zumischung des Abrasivmittels in unmittelbarer Nähe der Düse erfolgen, womit sich die Verzögerungen beim Ein- und Ausschalten minimieren. Alternativ kann die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung jedoch auch ortsfest und beabstandet zu einer beweglichen Schneiddüse aufgestellt und mit der Schneiddüse über eine bewegliche Rohr- oder Schlauchverbindung verbunden sein.

[0024] Gegenstand der Erfindung ist darüber hinaus ein Verfahren zur Zufuhr eines Abrasivmittels in einen Hochdruckbereich einer Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage. Erfindungsgemäß ist bei diesem Verfahren vorgesehen, dass das Abrasivmittel nicht in loser, sondern in einer zu einem Festkörper gebundenen Form oder in einer Umhüllung portioniert in den Hochdruckbereich eingeführt wird und dass dann im Hochdruckbereich die Bindung oder die Umhüllung entfernt und das Abrasivmittel vereinzelt wird. Als Festkörper ist dabei auch eine gelartige Bindung anzusehen. Die Bindung und das Vereinzeln kann in der oben anhand der Vorrichtung beschriebenen Weise erfolgen. Die Umhüllung kann so ausgestaltet sein, dass sie im Hochdruckbereich zerstört werden kann. Beispielsweise kann die Umhüllung sich auflösen, in dem sie beispielsweise chemisch durch ein geeignetes Lösungsmittel gelöst wird. Idealerweise könnte die Hülle aus einem Material bestehen, welches sich bei Kontakt mit Wasser auflöst, sodass beim Eintritt des Abrasivmittelpaketes in den Hochdruckbereich die Umhüllung sich dort in dem dort vorhandenen Wasser auflöst. Auch ist ein Auflösen durch Erwärmung möglich. So könnte die Umhüllung ebenfalls durch Eis gebildet sein. Beispielsweise könnte das Abrasivmittel in einen Mantel aus Eis gehüllt werden, wobei das Eis vorzugsweise aus Wasser gebildet ist, welches dann im Hochdruckbereich wieder geschmolzen wird. Auch ist es denkbar die Umhüllung mechanisch zu öffnen und die Umhüllung dann durch eine weitere Druckdurchführung oder Schleuse wieder aus dem Hochdruckbereich zu entfernen. Wie beschrieben kann die Vereinzelung des Abrasivmittels auch mechanisch erfolgen oder mechanisch unterstützt werden, beispielsweise durch Reibmittel, wie eine Raspel oder ein Mahlwerk.

[0025] Besonders bevorzugt wird das Abrasivmittel in Stangenform in den Hochdruckbereich eingeführt. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Stangen aus Abrasivmittel kontinuierlich, insbesondere als Endlosstangen in den Hochdruckbereich eingeführt werden. Eine solche Endlosstange kann erzeugt werden, wenn das lose Abrasivmittel, wie oben beschrieben vor Ort unmittelbar vor dem Überführen in den Hochdruckbereich in feste Form gebracht wird, beispielsweise durch Einfrieren.

[0026] So ist es besonders bevorzugt, dass ein loses Abrasivmittel vor dem Einführen in den Hochdruckbereich zu einem Festkörper gebunden oder in eine Umhüllung eingeschlossen wird. Dies erfolgt bevorzugt unmittelbar vor dem Einführen in den Hochdruckbereich, sodass der Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage in bekannter Weise loses Abrasivmittel bereitgestellt werden kann. Die Bindung zu einem Festkörper erfolgt nur für den Übergang in den Hochdruckbereich. Dies kann in der oben beschriebenen Weise erfolgen.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand der beigefügten Figuren beschrieben. In diesen zeigt:

Fig. 1 schematisch eine Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage gemäß der Erfindung,

Fig. 2 schematisch eine erste Ausführungsform einer Abrasivmittel-Zuführeinrichtung für eine Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage,

Fig. 3 schematisch eine zweite Ausführungsform einer Abrasivmittel-Zuführeinrichtung für eine Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage,

Fig. 4 schematisch eine dritte Ausführungsform einer Abrasivmittel-Zuführeinrichtung für eine Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage,

Fig. 5 schematisch eine vierte Ausführungsform einer Abrasivmittel-Zuführeinrichtung für eine Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage,

Fig. 6 schematisch eine fünfte Ausführungsform einer Abrasivmittel-Zuführeinrichtung für eine Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage und

Fig. 7 schematisch eine sechste Ausführungsform einer Abrasivmittel-Zuführeinrichtung für eine Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage.

[0028] Die erfindungsgemäße Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage ist vorzugsweise eine Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage und weist in bekannter Weise eine Hochdruckpumpe 2 auf, welche eine Hochdruckquelle bildet und mit einer Wasserzufuhr 4 verbunden ist. Von der Hochdruckpumpe 2 führt eine Hochdruckleitung 6 zu einer Schneid- bzw. Austrittsdüse 8, aus welcher ein mit Abrasivmittel angereicherter Hochdruckwasserstrahl 10 zum Schneiden oder zur Oberflächenbearbeitung austritt. Auf dem Weg von der Hochdruckpumpe 2 zu der Austrittsdüse 8 führt die Hochdruckleitung 6 durch eine Abrasivmittel-Zuführeinrichtung 12, in welcher Abrasivmittel 14 ohne Luftzufuhr in den von der Hochdruckleitung 6 gebildeten Hochdruckbereich eingeführt und in dem Hochdruckbereich mit dem in der Hochdruckleitung 6 geförderten unter Druck stehenden Wasser gemischt wird, sodass es gemeinsam mit dem Wasserstrahl 10 aus der Austrittsdüse 8 austritt.

[0029] Bei dem hier gezeigten Beispiel wird die Einheit 16, welche im Wesentlichen aus der Austrittsdüse 8 und der Abrasivmittel-Zuführeinrichtung 12 gebildet wird, an einem Positioniersystem 18 angebracht, welches hier schematisch als Koordinatensystem dargestellt ist und mit welchem die Austrittsdüse 8 relativ zu einem Werkstück 19 bewegt werden kann, um einen gewünschten Schnittverlauf im Werkstück 19 zu erzeugen. Das Positioniersystem kann beispielsweise ein Roboter oder ein anderes geeignetes Positioniersystem sein. Alternativ kann die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung 12 jedoch auch getrennt von der Austrittsdüse 8 aufgestellt und mit der bewegbaren Austrittsdüse über eine bewegliche Rohrleitung oder einen Druckschlauch verbunden sein.

[0030] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, das Abrasivmittel 14 nicht in loser, d. h. rieselfähiger Form in die Hochdruckleitung 6 bzw. den von dieser gebildeten oder an dieser angrenzenden Hochdruckbereich einzuführen. Vielmehr ist erfindungsgemäß vorgesehen, das Abrasivmittel entweder portioniert oder zu einem Festkörper gebunden in den Hochdruckbereich einzuführen, sodass einzelne Abrasivmittelkörner eine Abdichtung des Einführbereiches nicht beeinträchtigen können. Als Festkörper in diesem Sinne ist auch eine gelartige Struktur zu verstehen.

[0031] Fig. 2 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel, in welchem das Abrasivmittel 14 als aufgerollte Abrasivmittelstange 20 zugeführt wird. Diese Abrasivmittelstange 20 kann beispielsweise durch Bindung des losen Abrasivmittels in einem Kleber oder Harz erzeugt werden. Zum Übergang in die Hochdruckleitung 6 ist eine Druckdurchführung 22 vorgesehen. In der Druckdurchführung 22 sind Dichtungen 24 angeordnet, durch welche die Abrasivmittelstange 20 in das Innere der Druckleitung 6 geführt wird. Dabei kommen die Dichtungen 24 dichtend am Außenumfang der Abrasivmittelstange 20 zur Anlage. Der Vorschub der Abrasivmittelstange 20 erfolgt über Antriebsrollen 26, welche auf der Außenseite der Abrasivmittelstange 20 abrollen. Dadurch, dass die Abrasivmittelstange 20 einen Festkörper dargestellt, welcher im Inneren der Dichtungen 24 positioniert ist, wird der freie Querschnitt im Inneren der Dichtungen 24 durch die Abrasivmittelstange 20 abgedichtet. Hierzu muss von den Antriebsrollen 26 lediglich eine Vorschubkraft aufgebracht werden, welche größer ist als die von dem Innendruck in der Hochdruckleitung 6, welcher auf das freie Stirnende der Abrasivmittelstange 20 wirkt, erzeugte Kraft ist. Da die Abrasivmittelstange 20 im Durchmesser sehr klein gewählt werden kann, kann auch die Vorschubkraft trotz des hohen Druckes vergleichsweise gering sein. Im hier gezeigten Beispiel wird die Bindung des Abrasivmittels in der Abrasivmittelstange 20 im Inneren der Hochdruckleitung 6 durch eine mechanische Zerkleinerungsvorrichtung 28 in Form einer Raspel aufgelöst.

[0032] Die zweite Ausführungsform der Abrasivmittel-Zuführeinrichtung gemäß Fig. 3 stellt eine Variante der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform dar. Die Ausführungsform gemäß Fig. 3 unterscheidet sich nur in der Ausgestaltung der Vereinzelungseinrichtung, welche bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 von der Zerkleinerungsvorrichtung 28 gebildet wurde. Diese fehlt bei der Ausführungsform gemäß Fig. 3. Bei Fig. 3 ist vielmehr eine Vereinzelungseinrichtung 30 vorgesehen, welche stromabwärts der Druckdurchführung 22 im Hochdruckbereich angeordnet ist. Die Vereinzelungseinrichtung 30 ist eine Energiezuführeinrichtung, durch welche Energie zugeführt wird und so durch diese Energiezufuhr die Bindung der Abrasivmittelstange 20 gelöst werden wird. Die Energiezufuhr kann beispielsweise durch Ultraschall oder thermisch erfolgen. Zur Erwärmung kann beispielsweise in der Vereinzelungseinrichtung 30 ein Heizkreis 32, durch welchen ein Heizmedium strömt, angeordnet sein. Es könnten jedoch auch elektrische Heizelemente vorgesehen sein.

[0033] Bei den Ausführungsformen gemäß Fig. 2 und 3 wird das Abrasivmittel 14 als vorgefertigte Abrasivmittelstange 20 bereitgestellt. D. h. die Abrasivmittelstange 20 wird extern erzeugt und beispielsweise in Rollenform

der Schneidanlage bereitgestellt.

[0034] Im Unterschied dazu ist bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 der Druckdurchführung 22 eine Bindeeinrichtung 34 vorgeschaltet. Der übrige Aufbau entspricht dem Aufbau gemäß dem Ausführungsbeispiel in Fig. 3. Der einzige Unterschied liegt darin, dass bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 in die Antriebsrollen 26 keine vorgefertigte Abrasivmittelstange 20 eingeführt wird, sondern eine Abrasivmittelstange 20', welche vor Ort von der Bindeeinrichtung 34 kontinuierlich erzeugt wird. Dazu wird der Bindeeinrichtung 34 das lose Abrasivmittel 14 und zumindest ein Bindemittel 36 zugeführt. In der Bindeeinrichtung 34 wird dann vor Ort kontinuierlich eine Abrasivmittelstange 20' erzeugt, welche dann als Festkörper, wie anhand der Fig. 2 und 3 beschrieben, von den Antriebsrollen 26 durch die Druckdurchführung 22 in den Hochdruckbereich, welche von der Hochdruckleitung 6 gebildet wird, vorgeschoben wird. Es ist zu verstehen, dass die Vereinzelung stromabwärts der Druckdurchführung bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 auch entsprechend dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 durch eine Zerkleinerungsvorrichtung 28 erfolgen könnte.

[0035] Das Bindemittel 36 kann aus einer oder mehreren Komponenten bestehen und beispielsweise chemisch oder physikalisch härten. Dazu kann in der Bindeeinrichtung 34 ein Mittel zum chemischen oder physikalischen Aushärten des Bindemittels vorgesehen sein, beispielsweise eine Heizeinrichtung, eine UV-Beleuchtung, Ultraschalleinrichtung oder eine Mischeinrichtung zum Mischen eines Mehrkomponenten Bindemittels, welches chemisch aushärtet.

[0036] Im hier gezeigten Beispiel erfolgt die Vereinzelung in der Vereinzelungseinrichtung 30 durch Energiezufuhr. Es wäre jedoch auch denkbar, die Vereinzelung in diesem Bereich chemisch erfolgen zu lassen, beispielsweise indem das Bindemittel chemisch wieder aufgelöst wird, beispielsweise durch Zusatz eines entsprechend geeigneten Lösemittels in der Vereinzelungseinrichtung 30. Dieses wird dann entsprechend unter Druck in die Vereinzelungseinrichtung zugeführt. Im einfachsten Fall könnte das Bindemittel so gewählt sein, dass es sich in Wasser und somit in der Vereinzelungseinrichtung 30 nach Kontakt mit dem in der Hochdruckleitung 6 geführten Wasser selbsttätig löst, ohne dass weitere Stoffe von außen zugeführt werden müssen.

[0037] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform, bei welcher eine Abrasivmittelstange 20' vor Ort erzeugt wird, ist in Fig. 5 dargestellt. Die dort gezeigte Ausführungsform stellt eine Abwandlung der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform dar. Bei der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform wird die Bindeeinrichtung 34 von einer Kühleinrichtung gebildet, welche im hier gezeigten Beispiel einen Kühlkreislauf 40 aufweist, durch welchen ein gekühltes Kältemittel fließen kann. Alternativ können auch andere Kühleinrichtungen, wie beispielsweise Peltierelemente Verwendung finden. Stromaufwärts der Kühleinrichtung 38 ist eine Mischeinrichtung 42 angeordnet, in welcher loses Abrasivmittel 14 mit Wasser als Bindemittel 36 gemischt wird. Die Mischeinrichtung 24 ist vorzugsweise so ausgebildet, dass eine homogene Mischung zwischen Wasser und Abrasivmittel 14 erreicht wird, welche dann in der Kühleinrichtung 38 gefroren wird, um so vor Ort eine Abrasivmittelstange 20' zu erzeugen, welche als Festkörper in der vorangehend beschrieben Weise durch die Druckdudrchführung 22 mit den darin angeordneten Dichtungen 24 in den von der Hochdruckleitung 6 gebildeten Hochdruckbereich vorgeschoben werden kann. Bei dem hier gezeigten Beispiel soll der Vorschub durch Druck auf die Stirnseite der Abrasivmittelstange 20' erzeugt werden. Dies kann beispielsweise durch einen Kolben oder Schnecke geschehen. Es wäre jedoch auch der zuvor beschriebene Vorschub mittels Rollen denkbar.

[0038] Die Mischeinrichtung 42 und/oder die Kühleinrichtung 38 können darüber hinaus auch so ausgebildet sein, dass im Querschnitt der Abrasivmittelstange 20 keine homogene Abrasivmittelverteilung erreicht wird, sondern dass insbesondere am Außenumfang vorzugsweise weniger oder kein Abrasivmittel vorhanden ist, sondern lediglich Eis. Dies kann beispielsweise durch eine zusätzliche Wasserzufuhr am Umfang an der Austrittsseite der Mischeinrichtung 42 oder im Inneren der Kühleinrichtung 38 erfolgen. Dadurch werden die Gleit- und Dichteigenschaften beim Durchschieben der Abrasivmittel- bzw. Eisstange 20' durch die Dichtungen 24 verbessert.

[0039] Die Vereinzelungseinrichtung 30 entspricht der von Fig. 4 beschriebene Vereinzelungseinrichtung 30 und ist mit einem Heizelement, hier in Form eines Heizkreises 32 versehen. Es könnten jedoch auch andere Heizelemente, beispielsweise elektrische Heizelemente Verwendung finden. Gemäß dem Ausführungsbeispiel sind zusätzlich stromaufwärts der Kühleinrichtung 38 und stromabwärts der Druckdurchführung 22 sowie stromabwärts der Vereinzelungseinrichtung 30 thermische Isolationselemente 44 angeordnet, um die unterschiedlichen Temperaturbereiche der Vorrichtung thermisch gegeneinander zu isolieren.

[0040] Die in den Figuren 6 und 7 gezeigten Ausführungsbeispiele der Abrasivmittel-Zuführeinrichtung 12 unterscheiden sich von den vorangehend beschriebenen Beispielen darin, dass das Abrasivmittel nicht als Abrasivmittelstange kontinuierlich zugeführt wird, vielmehr werden einzelne Abrasivmittelportionen oder Pellets zugeführt. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist ein Druckbehälter 46 vorhanden, durch welchen die Hochdruckleitung 6 führt. Der Druckbehälter 46 weist eine Eintrittsöffnung 48 auf, welcher in Zufuhrrichtung die Druckdurchführung in Form einer Schleuse 22' vorgelagert ist. Die Schleuse 22 weist eine Schleusenkammer 50 auf, welche zu ihren beiden Enden jeweils eine Öffnung aufweist, wobei eine erste Öffnung 52 an eine Zuführöffnung bzw. Zuführleitung 54 für die Abrasivmittelpakete 56 angrenzt. Austrittsseitig weist die Schleusenkammer 50 eine zweite Öffnung 58 auf, welche der Eintrittsöffnung 48

gegenüberliegt. Die erste und die zweite Öffnung 58 sind jeweils durch einen Schieber 60, 62 verschließbar.

[0041] Die Abrasivmittelzufuhr erfolgt in der Weise, dass zunächst der Schieber 60 geöffnet wird und ein Abrasivmittelpaket 56 in die Schleusenkammer 50 eintreten kann. Dann wird der Schieber 60 geschlossen und die Schleusenkammer 50 kann mit Druck beaufschlagt werden. Dies kann durch eine Druckerzeugungsvorrichtung, beispielsweise durch eine Druckleitung, durch welche Wasser unter Hochdruck zugeführt wird, erfolgen, oder aber lediglich durch Öffnen des Schiebers 62. Wenn der Schieber 62 geöffnet wird, fällt das Abrasivmittelpaket in das Innere des Druckbehälters 46. Im Inneren des Druckbehälters 46 kann sich dann das Abrasivmittelpaket 56 auflösen. Dadurch steht dann in dem Druckbehälter 46 wieder loses Abrasivmittel 14 zur Verfügung. Dazu können die Abrasivmittelpakete 56 eine äußere Hülle 64 aufweisen, welche aus einem Material gebildet ist, welches sich im Inneren des Druckbehälters 46, insbesondere in dem dort befindlichen Wasser auflöst. Es kann beispielsweise aus einem wasserlöslichen Material gebildet sein. Alternativ kann die Umhüllung z. B. auch durch Einfrieren aus Wasser gebildet sein, wobei dieses Wasser dann im Inneren des Druckbehälters 46 auftaut, wozu zusätzlich eine hier nicht gezeigte Heizeinrichtung vorhanden sein kann. Es ist zu verstehen, dass zusätzlich oder alternativ auch eine Vereinzelungseinrichtung 30 oder 28 vorgesehen sein kann, wie sie anhand der Figuren 2 und 5 beschrieben wurde.

[0042] Die Abrasivmittelpakete 56 können vorgefertigt zur Anlage geliefert werden oder aber vor Ort in einer Bindeeinrichtung 34' erzeugt werden.

[0043] Dies bietet sich insbesondere beim Einfrieren an, wobei dann in der Bindeeinrichtung 34 eine entsprechende Kühleinrichtung vorgesehen ist, welche das Abrasivmittel in einem Wassermantel einfriert. Diese Ausführungsform wäre dann ähnlich zu der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform mit dem Unterschieb, dass nicht eine kontinuierliche Abrasivmittelstange 20' erzeugt wird, sondern einzelne Abrasivmittelpakete 56. Diese können dabei ähnlich wie Eiswürfel erzeugt werden.

[0044] Um die Abrasivmittelzufuhr in den Druckbehälter zu steuern kann der Druckbhälter 46 mit einer automatisierten Füllstandserfassung, beispielsweise über einen oder mehrere Sensoren versehen sein. Über diese automatische Füllstanderfassung kann der minimale Füllstand erfasst werden, welcher Anlass gibt, weiteres Abrasivmittel zuzuführen. Darüber hinaus kann ein maximaler Füllstand erfasst werden, bei welchem die Abrasivmittelzufuhr gestoppt wird.

[0045] Fig. 7 zeigt eine Alternative zu der Ausführungsform gemäß Fig. 6. Diese Ausführungsform unterscheidet sich dadurch, dass zwischen der Schleuse 22' und dem Druckbehälter 46 ein Drehschieber 66 angeordnet ist. Dieser weist zwei Schleusenkammern bzw. Kammern 68 auf. Eine der Kammern 68 ist so positioniert, dass sie einer Zuführöffnung 70 gegenüberliegt, in welche die Schleuse 22' mündet. Die zweite Kammer 68 ist so positioniert, dass sie einer Eintrittsöffnung 72 gegenüberliegt.

[0046] Die Zufuhr der Abrasivmittelpakete 56 erfolgt in der Weise, dass diese aus der Schleuse 22' beim Öffnen des Schiebers 62 austreten und in die erste Kammer 68 des Drehschiebers 66 eintreten. Anschließend wird der Drehschieber 66 um 180° um die Drehachse X gedreht, sodass die Kammer 68 über der Eintrittsöffnung 72 zu liegen kommt und das Abrasivmittelpaket 56 in die Eintrittsöffnung 72 und durch diese in den Druckbehälter 46 fällt. Dort löst es sich dann in der oben beschrieben Weise auf. Gleichzeitig tritt in die Kammer 68, welche der Öffnung 70 gegenüberliegt, schon ein nächstes Abrasivmittelpaket 56 ein, sodass bei der nächsten Drehung des Drehschiebers 66 um 180° sofort wieder ein nächstes Abrasivmittelpaket 56 in die Eintrittsöffnung 72 eintreten kann. Es ist möglich, den Eintrittskanal bereits mit Druck zu beaufschlagen, sodass das Abrasivmittelpaket 56 unter Druck in die Kammer 68 eintritt. Es ist jedoch auch denkbar, auf die Schleuse 22' bei dieser Ausführungsform zu verzichten. Dann muss jedoch die Abdichtung des Druckbehälters nach außen allein über den Drehschieber 66 erfolgen. Die Abrasivmittelpakete 56 können in der zuvor beschrieben Weise vor Ort in einer Bindeeinrichtung 34' erzeugt werden.

[0047] In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 sind zwei Kammern 68 in dem Drehschieber 66 vorgesehen. Diese sind diametral gegenüberliegend in dem Drehschieber angeordnet, sodass sich die Drehung um 180° ergibt. Je nach Anordnung der Kammern sind auch andere Drehwinkel möglich. Bei Anordnung von vier Kammern können diese beispielsweise in einem Winkelabstand von 90° zueinander angeordnet sein, sodass der Drehschieber in jedem Takt um 90° gedreht wird. Alternativ wäre es auch denkbar immer zwei Kammern 68 gleichzeitig zu füllen und zu entleeren. Dazu können beispielsweise bei Verwendung eines Drehschiebers 66 mit zwei Kammern 68 zwei Eintrittsöffnungen 72 zum Druckbehälter 46 vorgesehen sein, welche in einem Winkel um 90° versetzt zu zwei Zuführöffnungen 70 liegen. Bei einer solchen Anordnung werden beide Kammern gleichzeitig gefüllt, dann wird der Drehschieber 66 um 90° gedreht, beide Kammern 68 werden geleert und dann wird der Schieber wieder um 90° gedreht, um dabei gleichzeitig wieder beide Kammern 68 zu füllen. Bei dieser Ausgestaltung könnten in dem Drehschieber jedoch auch vier Kammern im Winkel von 90° angeordnet sein, sodass gleichzeitig immer zwei Kammern gefüllt und zwei Kammern geleert werden können.

[0048] Bei der Verwendung von Abrasivmittelpaketen könnten die verwendeten Schleusen auch so dimensioniert sein, dass im Unterschied zu den gezeigten Beispielen immer mehrere Pakete gleichzeitig die Schleuse passieren.

Bezugszeichenliste

[0049]

2 - Hochdruckpumpe
4 - Wasserzufuhr
6 - Hochdruckleitung
8 - Austrittsdüse
10 - Hochdruckwasserstrahl
12 - Abrasivmittel-Zuführeinrichtung
14 - Abrasivmittel
16 - Einheit
18 - Positioniersystem
19 - Werkstück
20, 20' - Abrasivmittelstange
22 - Druckdurchführung, Schleuse
24 - Dichtungen
26 - Antriebsrollen
28 - Zerkleinerungsvorrichtung
30 - Vereinzelungseinrichtung
32 - Heizkreis
34, 34' - Bindeeinrichtung
36 - Bindemittel
38 - Kühleinrichtung
40 - Kühlkreislauf
42 - Mischeinrichtung
44 - Isolationselemente
46 - Druckbehälter
48 - Eintrittsöffnung
50 - Schleusenkammer
52 - erste Öffnung
54 - Zuführleitung
56 - Abrasivmittelpaket
58 - zweite Öffnung
60 - Schieber
62 - Schieber
64 - äußere Hülle
66 - Drehschieber
68 - Kammern
70 - Zuführöffnung
72 - Eintrittsöffnung

X - Drehachse

Patentansprüche

1. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage mit einer Hochdruckquelle (2), welche Wasser unter hohem Druck bereitstellt, einer Austrittsdüse (8) und einer die Hochdruckquelle (2) mit der Austrittsdüse 88) verbindenden Hochdruckleitung (6), wobei an der Hochdruckleitung (6) eine Abrasivmittel-Zuführeinrichtung (12) angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung (12) eine Druckdurchführung (22, 22') zum Zuführen des Abrasivmittels (14) in die Hochdruckleitung (6) aufweist, welche derart ausgebildet ist, dass das Abrasivmittel (14) in zu einem Festkörper (20, 20') gebundener Form oder in einer Umhüllung (64) portioniert durch die Druckdurchführung (22, 22') in einen von der Hochdruckleitung gebildeten oder mit der Hochdruckleitung (6) verbundenen Hochdruckbereich (6) eingeführt wird.

2. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckdurchführung (22, 22') eine Öffnung aufweist, durch welche ein in Stangenform (20, 20') gebundenes Abrasivmittel (14) kontinuierlich in den Hochdruckbereich vorschiebbar ist.

3. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Öffnung zumindest eine Dichtung (24) angeordnet ist, welche an der Oberfläche des in Stangenform (20, 20') gebunden Abrasivmittels (14) dichtend zur Anlage kommt.

4. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckdurchführung (22') als Schleuse ausgebildet ist und zumindest eine mit zumindest zwei verschließbaren Öffnungen (52, 58) versehene Schleusenkammer (50) aufweist, von welchen eine erste Öffnung (52) der Abrasivmittelzufuhr in die Schleusenkammer (50) dient und eine zweite Öffnung (58) der Verbindung mit der Hochdruckleitung (6) dient.

5. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Druckerzeugungsmittel zur Druckbeaufschlagung der Schleusenkammer (50) vorgesehen sind.

6. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Schleusenkammer (68) in einem Schieber (66), vorzugsweise einem Drehschieber angeordnet ist, welcher zwischen zumindest einer ersten Position, in welcher die erste Öffnung der Schleusenkammer (68) einer Zufuhröffnung (70) gegenüberliegt, und zumindest einer zweiten Position, in welcher die zweite Öffnung der Schleusenkammer (68) einer Eintrittsöffnung (72) der Hochdruckleitung (6) gegenüberliegt, bewegbar ist.

7. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung (12) eine Bindeeinrichtung (34, 34') aufweist, in welcher loses Abrasivmittel (14) zu einem Festkörper (20, 20', 56) gebunden wird.

8. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bindeeinrichtung (34') eine Befeuchtungseinrichtung zum Befeuchten des Abrasivmittels (14) und eine Kühleinrichtung (38) aufweist, welche geeignet ist, das befeuchtete Abrasivmittel (14), vorzugswei-

se kontinuierlich, einzufrieren.

9. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bindeeinrichtung (34, 34') eine Zumischeinrichtung (42) aufweist, über welche dem losen Abrasivmittel (14) ein Bindemittel (36), vorzugsweise kontinuierlich zumischbar ist.

10. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bindeeinrichtung (34, 34') Mittel zum chemischen oder physikalischen Aushärten des Bindemittels (36) aufweist.

11. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abrasivmittel-Zuführeinrichtung (12) eine der Druckdurchführung (22, 22') nachgeschaltete Vereinzelungseinrichtung (28, 30) zum Auflösen der Bindung des Abrasivmittels (14) aufweist.

12. Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vereinzelungseinrichtung (28, 30) zum thermischen, chemischen und/oder mechanischen Auflösen der Bindung des Abrasivmittels (14) ausgebildet ist.

13. Verfahren zur Zufuhr eines Abrasivmittels in einen Hochdruckbereich einer Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abrasivmittel (14) in zu einem Festkörper (20, 20') gebundener Form oder in einer Umhüllung (64) portioniert in den Hochdruckbereich eingeführt wird und im Hochdruckbereich die Bindung oder Umhüllung (64) entfernt und das Abrasivmittel (14)vereinzelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abrasivmittel in Stangenform (20, 20') kontinuierlich in den Hochdruckbereich eingeführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein loses Abrasivmittel (14) vor dem Einführen in den Hochdruckbereich zu einem Festkörper (20, 20') gebunden oder in eine Umhüllung (64) eingeschlossen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Binden des losen Abrasivmittel (14) zu einem Festkörper (20, 20') durch Einfrieren erfolgt.

Claims

1. A water-abrasive suspension cutting system with a high-pressure source (2) which provides water at a high pressure, with an exit nozzle (8) and with a high-pressure conduit (6) which connects the high-pressure source (2) to the exit nozzle (8), wherein an abrasive agent feed device (12) is arranged on the high-pressure conduit (6),
characterised in that
the abrasive agent feed device (12) comprises a pressure feed-through (22, 22') for feeding the abrasive agent (14) into the high-pressure conduit (6), said pressure feed-through being designed in a manner such that the abrasive agent (14), in a form bound into a solid body (20, 20') or portioned in an envelope (64), is introduced through the pressure feed-through (22, 22') into a high-pressure region (6) which is formed by the high-pressure conduit or is connected to the high-pressure conduit (6).

2. A water-abrasive suspension cutting system according to claim 1, **characterised in that** the pressure feed-through (22, 22') comprises an opening, through which an abrasive agent (14) bound in rod form (20, 20') can be continuously advanced into the high-pressure region.

3. A water-abrasive suspension cutting system according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** at least one seal (24) which comes into sealing contact on the surface of the abrasive agent (14) bound in rod form (20, 20'), is arranged in the opening.

4. A water-abrasive suspension cutting system according to claim 1, **characterised in that** the pressure feed-through (22') is designed as a lock and comprises at least one lock chamber (50) which is provided with at least two closable openings (52, 58), of which a first opening (52) serves for the abrasive agent feed into the lock chamber (50), and a second opening (58) serves for the connection to the high-pressure conduit (6).

5. A water-abrasive suspension cutting system according to claim 4, **characterised in that** the pressure-producing means are provided for subjecting the lock chamber (50) to pressure.

6. A water-abrasive suspension cutting system according to claim 4 or 5, **characterised in that** the at least one lock chamber (68) is arranged in a slide (66), preferably in a rotary slide, which is movable between at least one first position, in which the first opening of the lock chamber (68) lies opposite a feed opening (70), and at least one second position, in which the second opening of the lock chamber (68) lies opposite an entry opening (72) of the high-pres-

sure conduit (6).

7. A water-abrasive suspension cutting system according to one of the preceding claims, **characterised in that** the abrasive agent feed device (12) comprises a binding device (34, 34'), in which loose abrasive agent (14) is bound into a solid body (20, 20', 56).

8. A water-abrasive suspension cutting system according to claim 7, **characterised in that** the binding device (34') comprises a moisturising device for moisturising the abrasive agent (14), and a cooling device (38) which is suitable for freezing the moisturised abrasive agent (14), preferably in a continuous manner.

9. A water-abrasive suspension cutting system according to claim 7 or 8, **characterised in that** the binding device (34, 34') comprises an admixing device (42), via which a binding agent (36) is admixed to the loose abrasive agent (14), preferably in a continuous manner.

10. A water-abrasive suspension cutting system according to claim 9, **characterised in that** the binding device (34, 34') comprises means for the chemical or physical curing of the binding agent (36).

11. A water-abrasive suspension cutting system according to one of the preceding claims, **characterised in that** the abrasive agent feed device (12) comprises a disintegrating device (28, 30) connected downstream of the pressure feed-through (22, 22'), for breaking down the binding of the abrasive agent (14).

12. A water-abrasive suspension cutting system according to claim 11, **characterised in that** the disintegrating device (28, 30) is designed for the thermal, chemical and/or mechanical breaking-down of the binding of the abrasive agent (14).

13. A method for feeding an abrasive agent into a high-pressure region of a water-abrasive suspension cutting system, **characterised in that** the abrasive agent (14) is introduced into the high-pressure region in a form in which it is bound into a solid body (20, 20') or portioned in an envelope (64), and the binding or envelope (64) is removed in the high-pressure region and the abrasive agent (14) is disintegrated.

14. A method according to claim 13, **characterised in that** the abrasive agent is introduced in rod form (20, 20') into the high-pressure region in a continuous manner.

15. A method according to claim 13 or 14, **characterised in that** a loose abrasive agent (14) is bound into a solid body (20, 20') or is enclosed into an envelope (64), before the introduction into the high-pressure region.

16. A method according to claim 15, **characterised in that** the binding of the loose abrasive agent (14) into a solid body (20, 20') is effected by way of freezing.

Revendications

1. Installation de coupe à suspension eau-abrasif comprenant une source de haute pression (2) qui fournit de l'eau sous haute pression, une buse de sortie (8) et une conduite de haute pression (6) qui relie la source de haute pression (2) à la buse de sortie (8), et dans laquelle un dispositif d'amenée de milieu abrasif (12) est monté sur la conduite de haute pression (6),
caractérisée en ce que
le dispositif d'amenée de milieu abrasif (12) présente un passage de pression (22, 22') servant à l'amenée du milieu abrasif (14) dans la conduite de haute pression (6) et conçu de telle sorte que le milieu abrasif (14), sous forme agglomérée en un corps solide (20, 20') ou présenté en portions dans un enrobage (64), est introduit par le passage de pression (22, 22') dans une zone de haute pression (6) qui est formée par la conduite de haute pression ou est reliée à la conduite de haute pression (6).

2. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le passage de pression (22, 22') présente une ouverture à travers laquelle un milieu abrasif (14) aggloméré en forme de tige (20, 20') peut être poussé en continu dans la zone de haute pression.

3. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce qu'**est disposée dans l'ouverture au moins une garniture d'étanchéité (24) qui entre en contact étanche avec la surface du milieu abrasif (14) aggloméré en forme de tige (20, 20').

4. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le passage de pression (22') est réalisé sous la forme d'un sas et présente au moins une chambre de sas (50) munie d'au moins deux ouvertures obturables (52, 58), dont une première ouverture (52) sert à l'amenée du milieu abrasif dans la chambre de sas (50) et une seconde ouverture (58) sert à la liaison avec la conduite de haute pression (6).

5. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** sont prévus des moyens de génération de pression destinés à mettre la chambre de sas (50) sous pression.

6. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon la revendication 4 ou 5, **caractérisée en ce que** la chambre de sas (68), au moins au nombre de une, est disposée dans un tiroir (66), de préférence dans un tiroir rotatif, qui peut être déplacé entre au moins une première position, dans laquelle la première ouverture de la chambre de sas (68) fait face à une ouverture d'amenée (70), et au moins une seconde position, dans laquelle la seconde ouverture de la chambre de sas (68) fait face à une ouverture d'admission (72) de la conduite de haute pression (6).

7. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la conduite d'amenée de milieu abrasif (12) présente un dispositif d'agglomération (34, 34') dans lequel un milieu abrasif en vrac (14) est aggloméré en un corps solide (20, 20', 56).

8. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le dispositif d'agglomération (34') comprend un dispositif de mouillage destiné à humidifier le milieu abrasif (14) et un dispositif de refroidissement (38) qui est approprié pour geler le milieu abrasif humidifié (14), de préférence en continu.

9. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon la revendication 7 ou 8, **caractérisée en ce que** le dispositif d'agglomération (34, 34') comprend un dispositif mélangeur (42) au moyen duquel un liant (36) est mélangé au milieu abrasif (14) en vrac, de préférence en continu.

10. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** le dispositif d'agglomération (34, 34') comprend des agents destinés au durcissement chimique ou physique du liant (36).

11. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le dispositif d'amenée de milieu abrasif (12) comprend un dispositif de désagrégation (28, 30) placé en aval du passage de pression (22, 22'), et destiné à supprimer l'agglomération du milieu abrasif (14).

12. Installation de coupe à suspension eau-abrasif selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** le dispositif de désagrégation (28, 30) est conçu pour supprimer l'agglomération du milieu abrasif (14) par voie thermique, chimique et/ou mécanique.

13. Procédé pour amener un milieu abrasif dans une zone de haute pression d'une installation de coupe à suspension eau-abrasif, **caractérisé en ce que** le milieu abrasif (14) est introduit dans la zone de haute pression sous une forme agglomérée en un corps solide (20, 20') ou dans un état présenté en portions dans un enrobage (64), et **en ce que**, dans la zone de haute pression, l'agglomération ou l'enrobage (64) est supprimé et le milieu abrasif (14) est désagrégé.

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le milieu abrasif est introduit en continu dans la zone de haute pression sous la forme d'une tige (20, 20').

15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce qu'**avant son introduction dans la zone de haute pression, le milieu abrasif (14) en vrac est aggloméré en un corps solide (20, 20') ou enfermé dans un enrobage (64).

16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** l'agglomération du milieu abrasif en vrac (14) en un corps solide (20, 20') s'effectue par congélation.

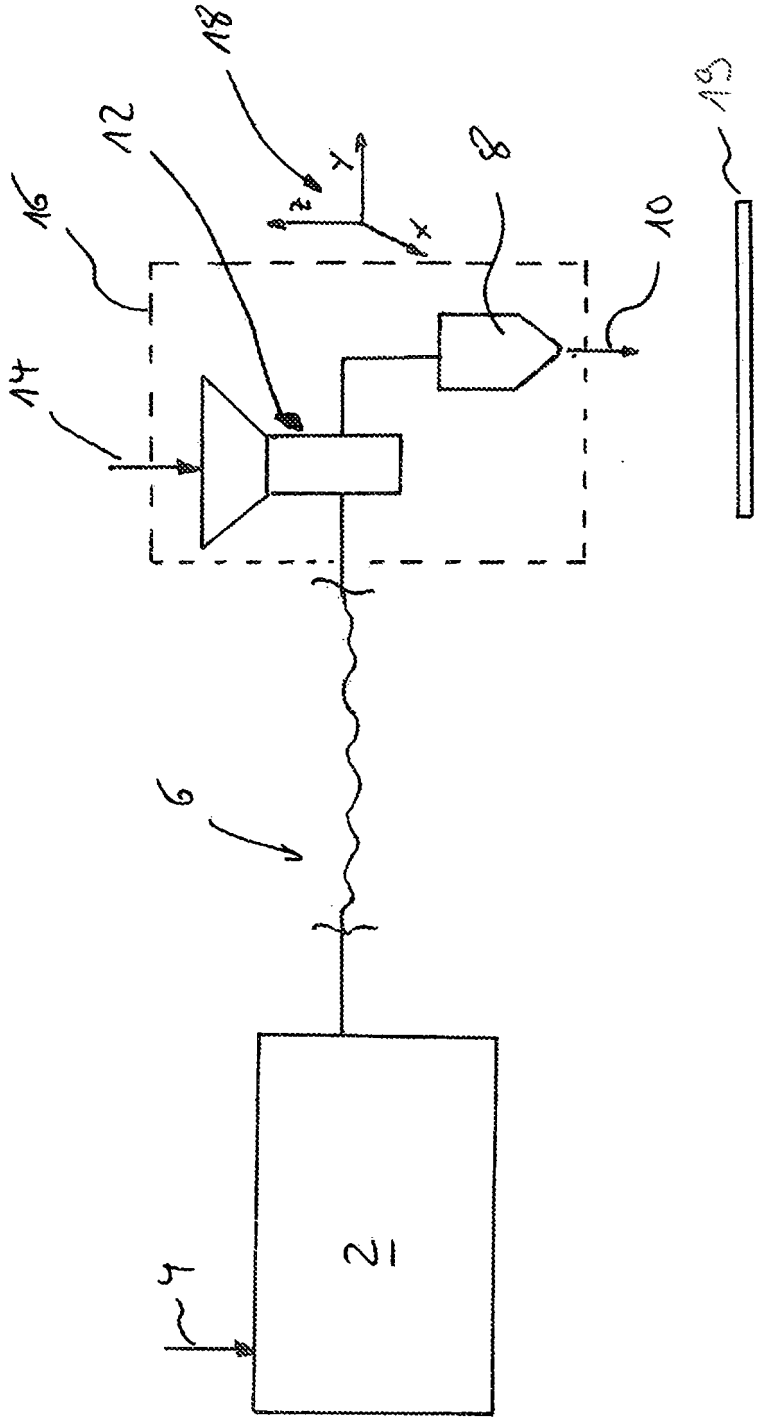


Fig. 1

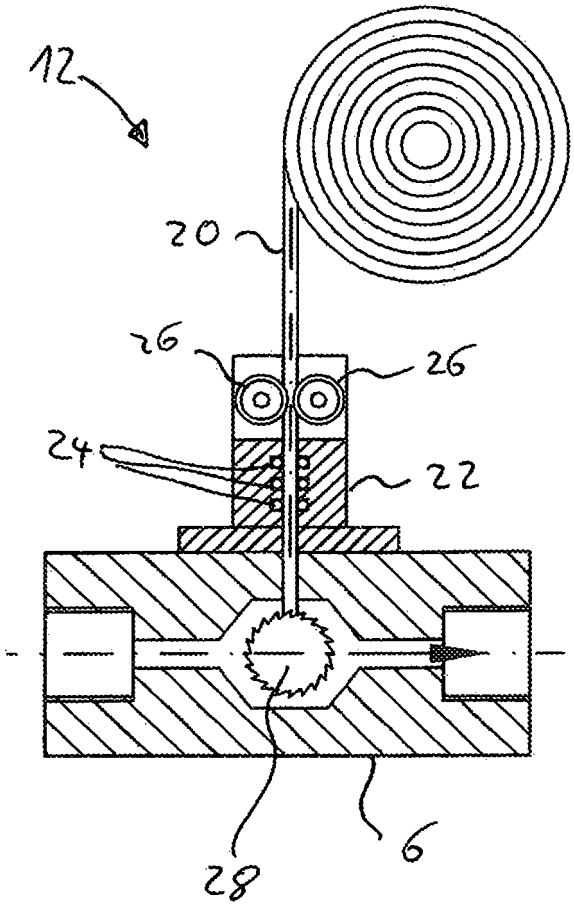


Fig. 2

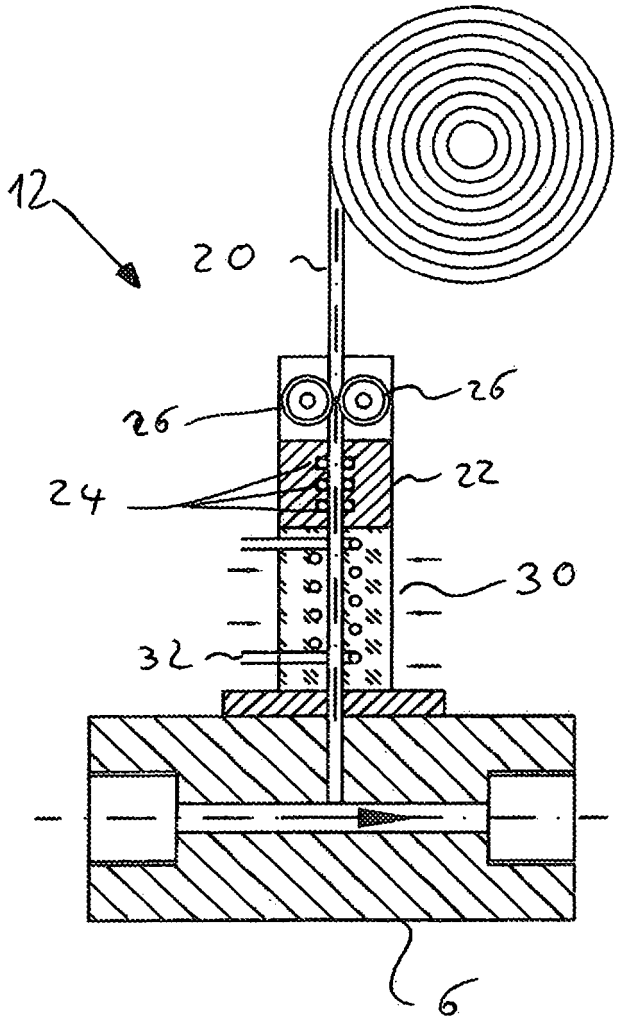


Fig.3

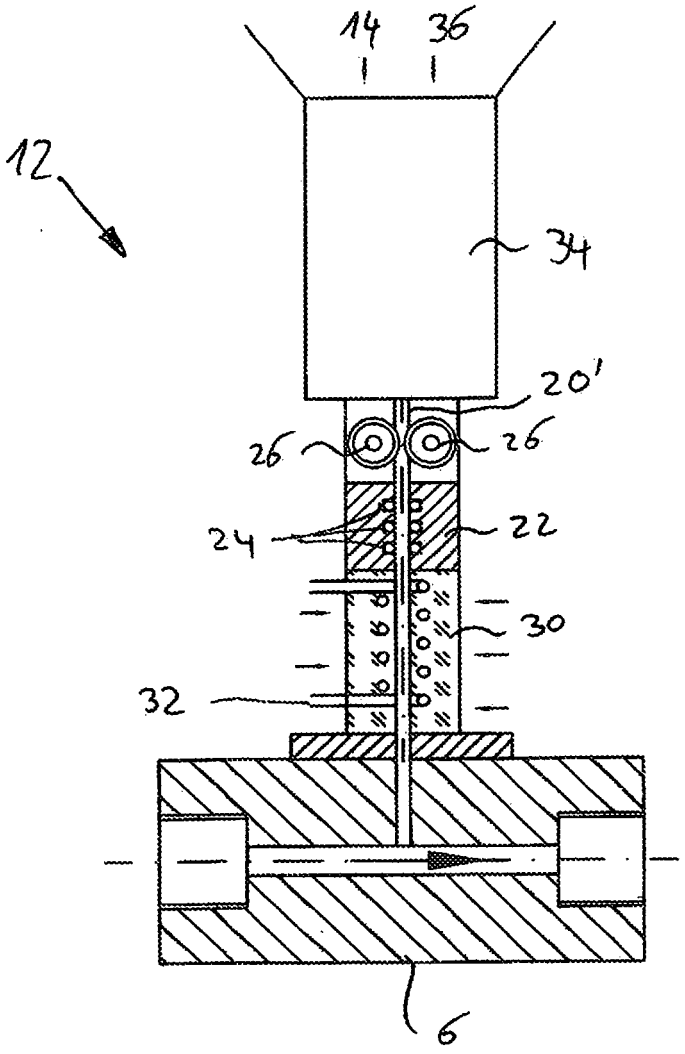


Fig. 4

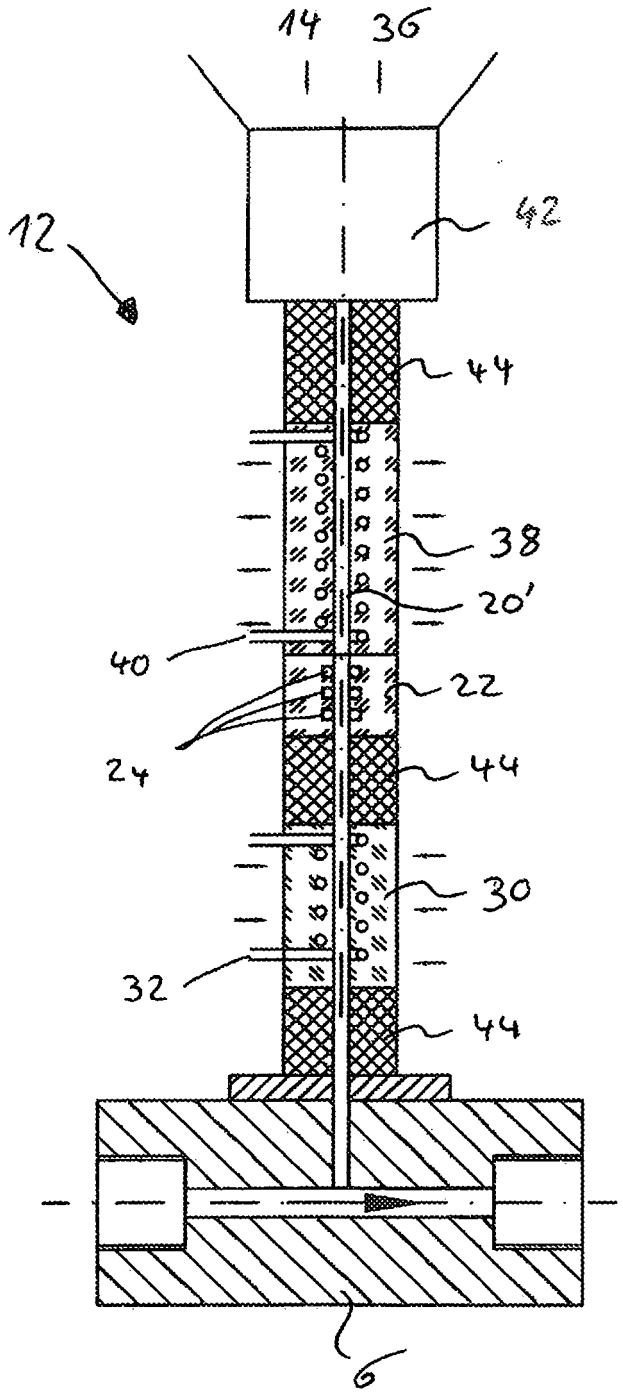


Fig. 5

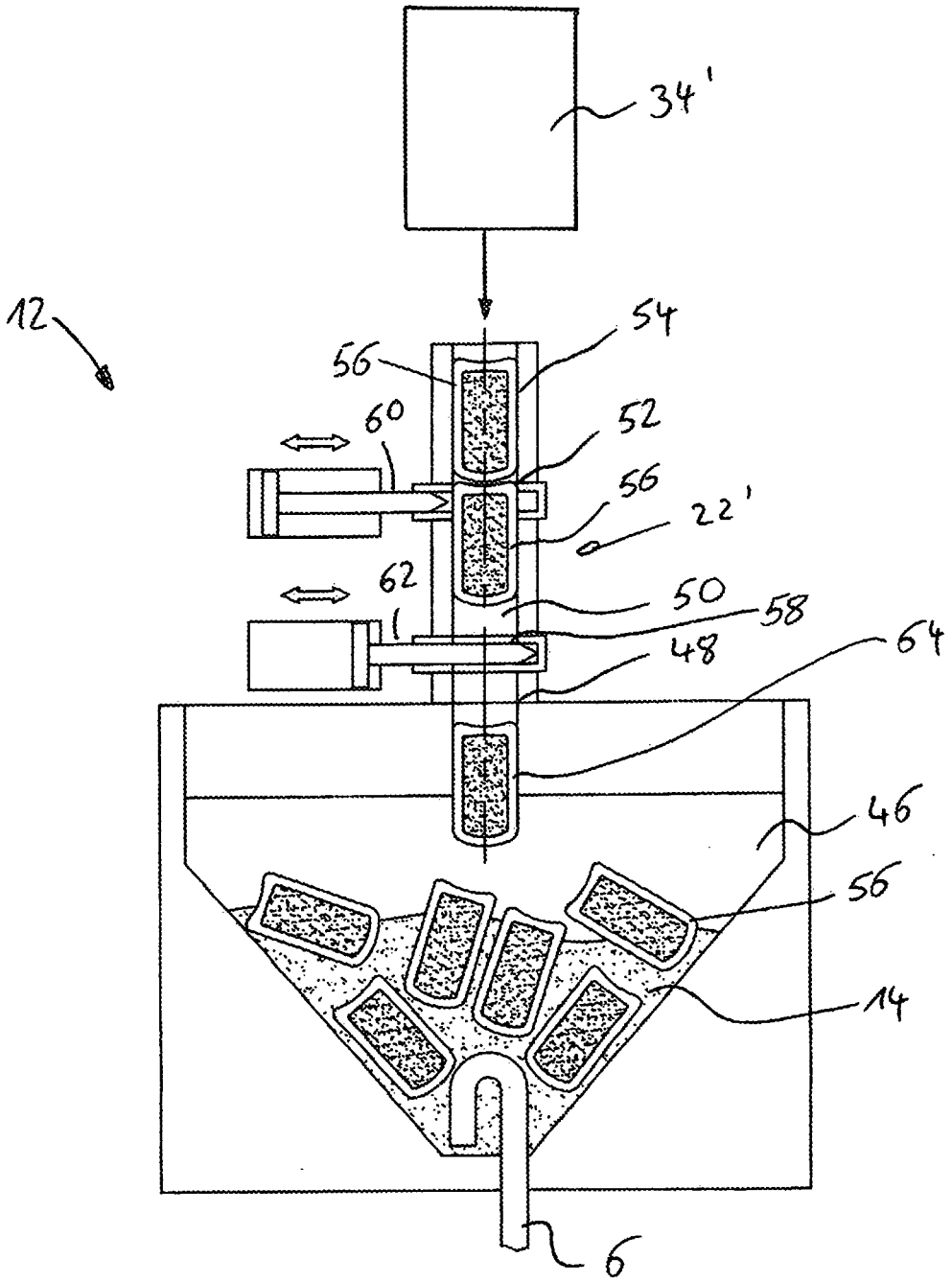


Fig. 6

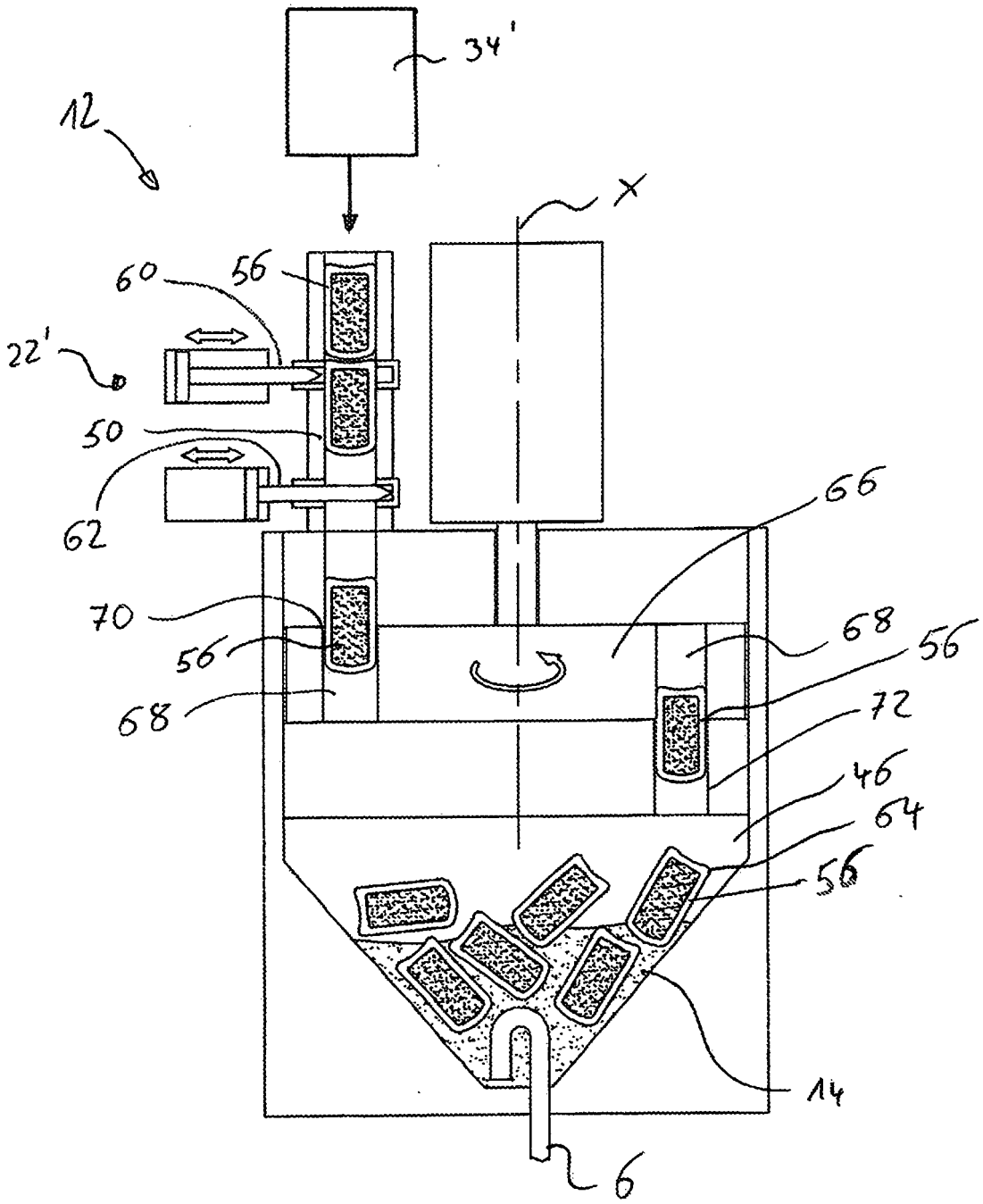


Fig. 7

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 19849813 A1 **[0002]**
- EP 1199136 A **[0003]**