

(19)



(11)

EP 2 308 646 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.04.2011 Patentblatt 2011/15

(51) Int Cl.:
B24C 7/00 (2006.01) **B24C 5/00** (2006.01)
F04B 43/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10180557.0**

(22) Anmeldetag: **28.09.2010**

(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 SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(71) Anmelder: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder: **Roth, Philipp**
5400 Baden (CH)

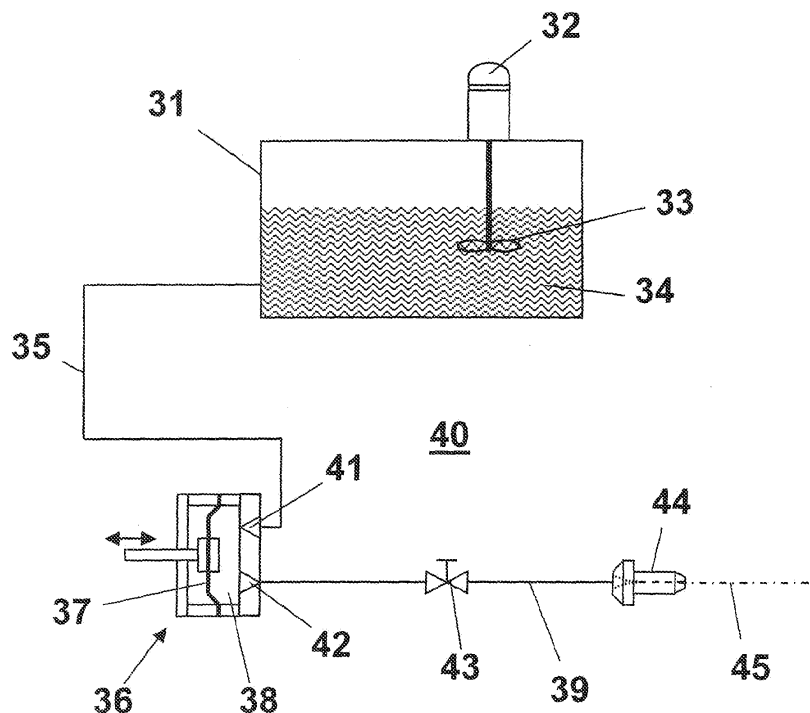
(30) Priorität: **01.10.2009 DE 102009043697**

(54) **Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines unter hohem Druck aus einer Düse austretenden schleifmittelhaltigen Wasserstrahls, Wasserstrahlanlage zur Durchführung des Verfahrens sowie Anwendung des Verfahrens**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines unter hohem Druck aus einer Düse (44) austretenden, schleifmittelhaltigen Wasserstrahls (45).

Ein ununterbrochener Betrieb bei gleichzeitig höherer Bearbeitungsleistung und geringeren Kosten wird dadurch ermöglicht, dass in einem ersten Schritt bei Normaldruck eine Schleifmittel und Wasser enthaltende

Schleifmittelsuspension (34) bereit gestellt wird, dass in einem zweiten Schritt die bereit gestellte Schleifmittelsuspension (34) auf einen weit über Normaldruck liegenden Arbeitsdruck gebracht wird, und dass in einem dritten Schritt aus der unter dem Arbeitsdruck stehenden Schleifmittelsuspension (34) mittels einer Düse (44) ein schleifmittelhaltiger Wasserstrahl (45) erzeugt wird.

**Fig.4****EP 2 308 646 A1**

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Bearbeitung von Werkstücken mittels Wasserstrahlen. Sie betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten, insbesondere Reinigen, eines Werkstücks mittels eines unter hohem Druck aus einer Düse austretenden, schleifmittelhaltigen Wasserstrahls gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie eine Wasserstrahlanlage zur Durchführung des Verfahrens. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Anwendung des erfindungsgemässen Wasserstrahlverfahrens.

STAND DER TECHNIK

[0002] Komponenten von Kraftwerksanlagen unterliegen während ihres Betriebs einer hohen mechanischen und thermischen Beanspruchung. Dies gilt in besonderem Masse für dem Heissgasstrom ausgesetzte Komponenten von Gasturbinen, deren Oberflächen neben den extremen mechanischen und thermischen Beanspruchungen ausserdem unerwünschten thermischen und chemischen Reaktionen unter Bildung nichtmetallischer Schichten, wie Zunder oder Korrosionsbeläge, ausgesetzt sind mit negativen Auswirkungen auf das Betriebsverhalten. Dies macht regelmässige Wartungsintervalle zur Überprüfung des Zustands dieser Komponenten und zu deren Ausbau und/oder Reinigung, Reparatur oder ggf. Austausch erforderlich.

[0003] Verfahren zum Reinigen von Gasturbinenkomponenten, wie beispielsweise von Schaufeln, sind in vielfältiger Ausprägung bekannt. Zu den auf diesem Gebiet bekannten und eingeführten Verfahren zählt das Sandstrahlen. Auf einen Druck von mehreren Bar komprimierte Luft, der ein Abrasivstoff zugesetzt wird, wird auf die zu behandelnde Oberfläche geleitet. Die mit hoher Energie auf die Oberfläche auftreffenden Partikel des Abrasivstoffs bewirken einen Reinigungseffekt. Nachteile dieser Verfahren liegen jedoch in einer ungenauen Steuerung und in einem relativ groben Materialabtrag mit nachteiligen Veränderungen der Oberflächengüte des Werkstücks.

[0004] Eine andere Gattung von Reinigungsverfahren beruht auf der Hochdruckwasserstrahltechnik, wobei reine oder mit einem Schleifmittel versetzte Wasserstrahlen auf die zu reinigende Oberfläche aufgebracht werden. Die Hochdruckwasserstrahltechnik setzt Wasserdrücke von bis zu 600 MPa ein, um einen Hochgeschwindigkeitswasserstrahl zu erzeugen. Ein solcher Hochgeschwindigkeitswasserstrahl kann als in alle Richtungen wirkendes Werkzeug für Schneid- oder Reinigungsanwendungen eingesetzt werden.

[0005] Abhängig von der jeweiligen Anwendung werden nach drei verschiedenen Prinzipien arbeitende Wasserstrahlen benutzt, nämlich:

- (1) reine Wasserstrahlen (siehe Fig. 1),
- (2) schleifmittelhaltige Wasserstrahlen, die durch Eintrag eines Schleifmittels in einen vorher erzeugten reinen Wasserstrahl generiert werden (Abrasive Injection Water Jets AIWJ; siehe Fig. 2), und
- (3) schleifmittelhaltige Wasserstrahlen, bei denen der Strahl durch den Austritt einer unter Druck stehenden Suspension des Schleifmittels aus einer Düse erzeugt wird (Abrasive Suspension Water Jets ASWJ; siehe Fig. 3).

[0006] Bei dem in Fig. 1 vereinfacht dargestellten ersten Prinzip wird in einer Wasserstrahlanlage 10 Wasser über eine Wasserzuleitung 11 einer Druckpumpe 12 zugeführt und mit hohem Druck in eine Druckleitung 13 gepumpt, die zu einer geeigneten Düse 14 führt. Das unter hohem Druck stehende Wasser in der Druckleitung 13 tritt dann bei Bedarf unter Bildung eines hochenergetischen Wasserstrahls aus der Düse 14 aus. Mit derartigen reinen Wasserstrahlen können weiche Materialien wie z.B. Stoffe, Leder, verfestigte Schäume, Lebensmittel etc. geschnitten werden.

[0007] Für Reinigungsanwendungen werden hauptsächlich mit einem reinen Wasserstrahl arbeitende Systeme eingesetzt. Typische Parameter für die Reinigung mit reinem Wasserstrahl sind Arbeitsdrücke bis zu 300 MPa und Volumendurchsätze von etwa 30 Liter/min, die zu einem hohen Energieverbrauch führen (bis zu 150 kW). Entsprechende Hochdruckpumpen sind ebenfalls sehr teuer.

[0008] Bei dem in Fig. 2 dargestellten zweiten Prinzip wird in einer Wasserstrahlanlage 20 wiederum Wasser über eine Wasserzuleitung 11 einer Druckpumpe 12 zugeführt und mit hohem Druck in eine Druckleitung 13 gepumpt, die zu einer geeigneten Düse 14 führt. Das unter hohem Druck stehende Wasser in der Druckleitung 13 tritt dann bei Bedarf unter Bildung eines hochenergetischen Wasserstrahls aus der Düse 14 aus. In einem nachfolgenden Mischrohr 16 wird dem reinen Wasserstrahl dann in einer Eintragsvorrichtung 17 ein Schleifmittel zugemischt, das über eine Schleifmittelzuführung 18 herangeführt worden ist. Am Ende des Mischrohres 16 tritt dann ein hochenergetischer schleifmittelhaltiger Wasserstrahl 19 aus. Eine solche Anlage ist beispielsweise in der Druckschrift WO-A1-2005/051598 beschrieben. Derartige AIWJ-Strahlen (abrasive injection water jets) werden hauptsächlich bei stationären Schneidanwendungen eingesetzt. Mit ihnen können alle technischen Materialien geschnitten werden wie:

- alle Metalle (Stahl, Aluminium, Kupfer, Titan etc.)
- Glas
- Synthetische Materialien
- Verbundwerkstoffe, und
- Beton.

[0009] Die nach dem dritten Prinzip erzeugten ASWJ-Strahlen (abrasive suspension water jets) werden gene-

rell für mobile und Spezialanwendungen eingesetzt. Die Vorteile der ASWJ-Strahlen gegenüber den nach dem zweiten Prinzip erzeugten AIWJ-Strahlen sind ein höherer Wirkungsgrad (bis zu einem Faktor 4-5 höher) und die Möglichkeit, diese Strahlen in allen Lagen und Umgebungen einsetzen zu können.

[0010] Bei dem in Fig. 3 dargestellten dritten Prinzip wird in einer Wasserstrahlanlage 30 wiederum Wasser über eine Wasserzuleitung 11 einer Druckpumpe 12 zugeführt und mit hohem Druck (bis zu 200 MPa) in eine Druckleitung 13 gepumpt, die zu einer geeigneten Düse 14 führt. An einem T-Stück 21 wird der Wasserstrom aufgeteilt. Ein Teil strömt über ein erstes Drosselventil 27 und ein Mischstück 28 direkt zur Düse 14. Eine zweite, kleinerer Teil fließt in einer Bypassleitung 23 über ein zweites Drosselventil 22 in einen mit Schleifmittel gefüllten und nach Entfernung eines Blindstopfens 25 nachfüllbaren Drucktank 24 und von dort über ein Absperrventil 26 zum Mischstück 28. Während das Wasser durch den Drucktank 24 strömt, reißt es die Schleifmittelteilchen mit. Die entstehende Wasser/Schleifmittel-Mischung wird dann im Mischstück 28 in den Haupt-Wasserstrom gegeben. Mit den Drosselventilen 22 und 27 kann der Anteil an Schleifmittel in dem aus der Düse 14 austretenden schleifmittelhaltigen Wasserstrahl 29 gesteuert werden. Ein solches System ist beispielsweise in der Druckschrift DE-A1-199 09 377 beschrieben.

[0011] Hauptnachteile der derzeit bekannten, nach dem dritten Prinzip mit Drücken zwischen 50 MPa und 200 MPa arbeitenden Systeme sind:

- die ungenaue Steuerung des Schleifmittelanteils in der Suspension;
- die fehlende Möglichkeit eines kontinuierlichen Betriebs, da nach einer gewissen Zeit der Betrieb unterbrochen und der Drucktank mit Schleifmittel wieder aufgefüllt werden muss; und
- die hohen Arbeitsdrücke erfordern dementsprechend dimensionierte Komponenten der Wasserstrahlanlage mit der Folge einer erschwerten Handhabung und eines begrenzten Einsatzbereichs hinsichtlich enger Raumverhältnisse.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0012] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein insbesondere für Reinigungsanwendungen geeignetes Verfahren zum Behandeln von Werkstücken mittels eines unter hohem Druck aus einer Düse austretenden, schleifmittelhaltigen Wasserstrahls anzugeben, welches kontinuierliche betrieben werden kann und die vorstehend geschilderten Nachteile bekannter Verfahren vermeidet, sowie eine Wasserstrahlanlage zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

[0013] Insbesondere liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein solches Verfahren und eine solche Anlage bereitzustellen, die den Anforderungen eines Einsatzes für Kraftwerksanlagen, beispielsweise Turbinen, ge-

wachsen sind. Dieses Anwendungsgebiet erfordert einen wirksamen Einsatz unter engen Raumverhältnissen, wie in engen Spalten, und stellt darüber hinaus hohe Anforderungen an die Oberflächengüte nach der Bearbeitung.

[0014] Diese Aufgaben werden durch die Gesamtheit der Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Wesentlich für die Erfindung ist, dass in einem ersten Schritt bei Normaldruck eine Schleifmittel und Wasser enthaltende Schleifmittelsuspension bereitgestellt wird, dass in einem zweiten Schritt die bereitgestellte Schleifmittelsuspension auf einen über Normaldruck liegenden Arbeitsdruck gebracht wird, und dass in einem dritten Schritt aus der unter dem Arbeitsdruck stehenden Schleifmittelsuspension mittels einer Düse ein schleifmittelhaltiger Wasserstrahl erzeugt wird.

[0015] Durch die bei Normaldruck vorgenommen Zubereitung der Suspension kann fortlaufend Suspension bereitgestellt werden, ohne dass die Strahlerzeugung und -anwendung unterbrochen werden müssen. Das im Wasser enthaltene Schleifmittel verstärkt dabei in an sich bekannter Weise massiv die Reinigungswirkung des Strahls.

[0016] Gemäss einer Ausgestaltung der Erfindung wird zur Bereitstellung der unter Normaldruck stehenden Schleifmittelsuspension in einem offenen Mischbehälter eine Mischung mit Wasser und dem Schleifmittel hergestellt. Hierdurch ist gewährleistet, dass die Suspension im Mischbehälter jederzeit ohne Schwierigkeiten ergänzt werden kann.

[0017] Vorzugsweise wird die Mischung in dem Mischbehälter fortlaufend, insbesondere mittels eines Rührwerks, in Bewegung gehalten.

[0018] Eine andere Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass ein Arbeitsdruck von mehreren MPa, insbesondere von etwa 15 MPa bis 25 MPa, verwendet wird. Der vergleichsweise niedrige Arbeitsdruck ermöglicht den Einsatz kostengünstiger Komponenten (z.B. Pumpen) und reduziert den Energieverbrauch. Ein herausragender Vorteil der Erfindung besteht ausserdem darin, dass der niedrige Arbeitsdruck den Einsatz gering dimensionierter und flexibler Komponenten der Wasserstrahlanlage, wie Druckleitungen und Reinigungsköpfe, gestattet, wodurch es mit Hilfe der Erfindung nunmehr möglich ist, auch schwer zugängliche Oberflächen wirksam zu behandeln. Dadurch kann in bestimmten Fällen auf den aufwändigen Ausbau der zu reinigenden Werkstücke verzichtet werden. Gerade im Kraftwerksbau stellt dies einen nicht zu unterschätzenden Vorteil dar, der zu erheblichen Kosteneinsparungen für den Kraftwerksbetreiber führt.

[0019] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsart wird dem Wasser ein Schleifmittel mit einer Härte von mindestens 7 gemäss Mohs-Skala zugesetzt. Die Schleifmittelpartikel weisen einen Durchmesser im Bereich von 0,1 mm bis 0,3 mm auf.

[0020] Bevorzugt wird die Schleifmittelsuspension mittels einer Pumpe auf den Arbeitsdruck gebracht und die

auf Arbeitsdruck gebrachte Schleifmittelsuspension über eine Druckleitung vom Ausgang der Pumpe direkt zur Düse geleitet, wobei als Pumpe insbesondere eine Membranpumpe verwendet wird.

[0021] Eine Ausgestaltung der erfindungsgemässen Wasserstrahlanlage ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe eine Membranpumpe ist, dass die Membranpumpe eine von einer Membran begrenzte Pumpenkammer aufweist, die über ein Einlassventil mit der Ansaugleitung und über ein Auslassventil mit der Druckleitung in Verbindung steht, und dass die Ventile jeweils eine einen zentralen Ventildurchgang ausbildende Ventibuchse umfassen, die am stromabwärts liegenden Ende durch ein auf einem Ventilsitz aufliegendes, entgegen der Strömungsrichtung federnd vorgespanntes Schliesselement verschlossen ist. Der Einsatz einer Membranpumpe hat im Vergleich zu anderen Pumpengattungen, wie Kolbenpumpen, den Vorteil eines geringen Verschleisses.

[0022] Eine bevorzugte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass die Ventibuchse und das Schliesselement der Ventile aus einem Hartmetall, insbesondere Wolframcarbid, hergestellt sind, und dass die Ventilsitze eingeschliffen sind. Insbesondere ist das Schliesselement in dem zum Ventilsitz korrespondierenden Bereich kugelförmig ausgebildet und durch eine Druckfeder in Schliessrichtung vorgespannt.

[0023] Eine andere Ausgestaltung der erfindungsgemässen Anlage ist **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Druckleitung ein Überdruckventil angeordnet ist.

[0024] Vorzugsweise weist der Mischbehälter ein mit einem Motor ausgestattetes Rührwerk auf und ist als offener Behälter ausgebildet.

[0025] Das erfindungsgemässe Verfahren wird mit Vorteil für Schneid- und/oder Reinigungsaufgaben bei Kraftwerkskomponenten, insbesondere Kesseln, Wärmeübertragern und Turbinen eingesetzt.

[0026] Durch Anwendung der erfindungsgemässen, in den Ansprüchen näher definierten Merkmale ist es erstmals gelungen, die Vorteile verschiedener bekannter Verfahren der Wasserstrahltechnik in vorteilhafter Weise zu vereinen und dieser Technik damit neue Anwendungsmöglichkeiten zu erschliessen.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0027] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 das vereinfachte Schema einer mit reinem Wasser arbeitenden Wasserstrahlanlage nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 das vereinfachte Schema einer mit Schleifmittelsuspension nach dem Injektionsprinzip arbeitenden Wasserstrahlanlage nach dem Stand der Technik;

Fig. 3 das vereinfachte Schema einer mit Schleifmittelsuspension arbeitenden Wasserstrahlanlage nach dem Stand der Technik;

5 Fig. 4 das vereinfachte Schema einer mit Schleifmittelsuspension arbeitenden Wasserstrahlanlage gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

10 Fig. 5 den Längsschnitt durch ein herkömmliches Ein- bzw. Auslassventil einer für die Anlage nach Fig. 4 geeigneten Membranpumpe; und

15 Fig. 6 den Längsschnitt durch ein gegenüber Fig. 5 modifiziertes und für die Anlage nach Fig. 4 optimiertes Ein- bzw. Auslassventil.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

20 **[0028]** In Fig. 4 ist das vereinfachte Schema einer mit Schleifmittelsuspension arbeitenden Wasserstrahlanlage gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wiedergegeben. Die Wasserstrahlanlage 40 umfasst einen Mischbehälter 31, eine eingangsseitig mit dem Mischbehälter 31 über eine Ansaugleitung 35 in Verbindung stehende Membranpumpe 36 und eine über eine Druckleitung 39 an den Ausgang der Membranpumpe 36 angeschlossene Düse 44.

25 **[0029]** Im Mischbehälter 31 wird unter Normaldruck eine Schleifmittelsuspension 34 angemischt und bereitgehalten. Zum Mischen und Aufrechterhalten der Schleifmittelsuspension ist ein Rührwerk 33 vorgesehen, das von einem Motor 32 angetrieben wird. Der Mischbehälter 31 kann oben offen sein, so dass bei Bedarf und ohne Betriebsunterbruch die Komponenten der Schleifmittelsuspension nachgefüllt werden können. Das Arbeiten unter Normaldruck erleichtert erheblich die kontrollierte Zugabe von Wasser und Schleifmittel in den Mischbehälter 31 zur Aufrechterhaltung eines konstanten Mischungsverhältnisses. Varianten einer automatisierten Beschickung des Mischbehälters 31 sind dabei bevorzugt und mit vergleichsweise einfachen technischen Mitteln umsetzbar. Somit ist mit geringem apparativen Aufwand ein kontinuierlicher Betrieb der Wasserstrahlanlage gewährleistet.

30 **[0030]** Die Membranpumpe 36, die eine von einer Membran 37 begrenzte Pumpenkammer 38 aufweist, saugt bei einem Ansaughub (Bewegung nach links in Fig. 4) über ein Einlassventil 41 aus dem Mischbehälter 31 Suspension an und drückt sie in einem Arbeitshub (Bewegung nach rechts in Fig. 4) über ein Auslassventil 42 mit hohem Druck in die Druckleitung 39. Die Suspension fliesst über die Druckleitung 39 (in der ein Überdruckventil angeordnet ist, um Beschädigungen der Pumpe 36 durch Überdruck zu verhindern) direkt zu der aus Hartmetall (Wolframcarbid) bestehenden Düse 44. Dort wird ein schleifmittelhaltiger Wasserstrahl 45 ausgebildet, der je nach Erfordernis des Anwendungsfalls

punktförmig, gespreizt oder anderweitig geformt sein kann.

[0031] Wegen des Schleifmittelanteils im Wasserstrahl kann der Druck in der Druckleitung 39 gegenüber der mit reinem Wasser arbeitenden Technik (Fig. 1) von 200 MPa auf 15 MPa bis 25 MPa, vorzugsweise 20 MPa abgesenkt werden, ohne dass die Reinigungswirkung beeinträchtigt wird. Dies erlaubt den Einsatz geringer dimensionierter Druckleitungen in Form von Schläuchen mit Durchmessern unter 12 mm. Derartige Schläuche besitzen eine hohe Flexibilität (Biegeradius kleiner als 50 mm) und sind daher auch für den Einsatz unter engen Raumverhältnissen, wie sie beispielsweise innerhalb der Beschaufelung von Turbinen herrschen, geeignet.

[0032] Wegen des Schleifmittelanteils in der gepumpten Suspension wird statt einer herkömmlichen Kolbenpumpe eine Membranpumpe 36 eingesetzt, deren Aufbau und Funktion beispielsweise in der Druckschrift US-B2-6,899,530 beschrieben ist. Diese Pumpen werden üblicherweise zum Pumpen von korrosiven und abrasiven Medien eingesetzt, dies jedoch bei vergleichsweise niedrigen Drücken. Im vorliegenden Anwendungsfall wird mit einer solchen Pumpe die angesaugte Suspension auf Drücke von etwa 15 MPa bis 25 MPa gebracht. Ein Betrieb bei diesen Drücken wird dadurch erreicht, dass die Ein- und Auslassventile 41, 42, die einem besonderen Verschleiss unterliegen, gemäss Fig. 5 und 6 modifiziert worden sind.

[0033] Membranpumpen sind volumetrisch arbeitende Pumpen, die durch die mechanische Verschiebung von synthetischen Membranen Druck erzeugen. Um einen konstanten Druck und Durchfluss zu erreichen, ist jede Pumpenkammer (38 in Fig. 4) mit zwei Ventilen (41, 42 in Fig. 4) ausgestattet. Eine Pumpe enthält meist drei bis fünf solcher Pumpenkammern. Wegen der hohen Strömungsgeschwindigkeit der abrasiven Suspension beim Öffnen der Ventile sind hauptsächlich diese dem Verschleiss ausgesetzt (die Erosion ist sehr stark von der Geschwindigkeit der erodierenden Partikel abhängig).

[0034] Die standardmässige Konstruktion der Ventile der Pumpenkammer einer Membranpumpe der beschriebenen Art ist in Fig. 5 wiedergegeben: Das Ventil 42' der Fig. 5 umfasst eine (ringförmige) Ventilbuchse 46, die einen zentralen Ventildurchgang 50 begrenzt. Ein scheibenförmiges Schliesselement 48' wird mittels einer Druckfeder 49 gegen einen Ventilsitz 47' am stromabwärts gelegenen Ende der Ventilbuchse 46 gepresst und schliesst so den Ventildurchgang 50 und damit die angrenzende Pumpenkammer ab. Wenn durch die Membran 37 Druck in der Pumpenkammer 38 erzeugt wird, hebt das Schliesselement 48' gegen den Druck der Feder 49 vom Ventilsitz 47' ab und ein Volumenstrom verlässt die Pumpenkammer 38 durch den zugehörigen Ventildurchgang.

[0035] Ein Hauptproblem besteht beim Ventil 42' darin, dass, wenn das Ventil nicht oder nicht mehr richtig schliesst, hohe lokale Strömungsgeschwindigkeiten am

Ort der Leckage entstehen und das Schliesselement 48' und die Ventilbuchse 46 sehr stark erodieren. Selbst Wolframcarbid-Ventile werden so in weniger als einer halben Stunde erodiert. Der Grund für die mangelnde Dichtigkeit bei solchen Standardventilen ist die mangelnde Zentrierung des scheibenförmigen Schliesselements 48' in der Ventilbuchse 46: Das Schliesselement 48' hat keine ausreichende Führung, und wegen der (flachen) Form des standardmässigen Schliesselements 48' (eingeschliffener Radius des Ventilsitzes 47') gibt es einige Bereiche, in denen kein Flächenkontakt zwischen dem Schliesselement 48' und dem Ventilsitz 47' besteht, wenn das Schliesselement 48' nicht perfekt zentriert ist.

[0036] Um hier Abhilfe zu schaffen, ist die Ventilgeometrie gemäss Fig. 6 verändert worden. Das Schliesselement 48 des Ventils 42 hat nunmehr die Form einer Kugel bzw. eines Kugelabschnitts. Dies hat zur Folge, dass, auch wenn das Schliesselement 48 nicht perfekt zentriert ist, dennoch am ganzen Umfang des Ventilsitzes 47 Flächenkontakt herrscht und die Dichtigkeit gewährleistet ist. Gleichzeitig ist die Kontaktfläche am Ventilsitz 47 erheblich vergrössert worden. Darüber hinaus sind alle Dichtflächen eingeschliffen, um eine gute Abdichtung zu erzielen. Als Material für das Schliesselement 48 und die Ventilbuchse 46 wird Wolframcarbid verwendet. Es hat sich erwiesen, dass durch diese Massnahmen die erforderlichen Wartungsintervalle erheblich verlängert werden können. Intervalle von 50 Betriebsstunden und mehr haben sich als ausreichend erwiesen.

[0037] Mit einer Anlage gemäss Fig. 4 kann nun im Dauerbetrieb ein schleifmittelhaltiger Wasserstrahl mit einem Druck von etwa 15 MPa bis zu 25 MPa erzeugt werden, der mit besonderem Vorteil auf dem Gebiet der Kraftwerkstechnik eingesetzt werden kann. Insbesondere können folgende Reinigungsaufgaben erledigt werden:

- Bei Dampfkesseln können die Rohre der Rohrbündel gereinigt werden.
- Bei Turbinen können die Beschaufelung oder andere Komponenten gereinigt werden, wobei auf einen Ausbau derselben häufig verzichtet werden kann, da nach der Erfindung selbst Zwischenräume zwischen den Schaufeln im Einbauszustand wirksam gereinigt werden können. Dies erlaubt erhebliche Kosteneinsparungen gegenüber herkömmlichen Methoden der Reinigung.

[0038] Des weiteren lassen sich nach der Erfindung im Kraftwerksbereich mit Vorteil Oberflächen bearbeiten:

- Wasserstrahl-Honen: Es werden die zentralen Bohrungen von Dampfturbinen-Rotoren bearbeitet. Hierdurch lassen sich gegenüber herkömmlichen Methoden die Maschinenzeiten erheblich reduzieren.
- Schaufel-Aufarbeitung: Die Schaufeloberflächen

von Gasturbinen werden bearbeitet, um Oberflächenrisse zu beseitigen.

49
50

Druckfeder
Ventildurchgang

[0039] Gegenüber den auf reinen Wasserstrahlen basierenden Systemen ergeben sich dabei die folgenden Vorteile:

- Weniger Energieverbrauch;
- Verbesserte Reinigungsleistung;
- Einstellbare Oberflächeneigenschaften bei den bearbeiteten Oberflächen;
- Überlegene Oberflächengüte;
- Einstellbare Materialabtragungsraten;
- Verbesserte Handhabbarkeit aufgrund des verringerten Druckes;
- Geringer dimensionierte Zuleitungen (beispielsweise mit einem Schlauchdurchmesser von weniger als 12 mm) und Düsen;
- Geringer Biegeradius der Zuleitung von weniger als 50 mm ermöglicht einen Einsatz unter engen Raumverhältnissen, selbst in engen Spalten;
- Geringere Anlagenkosten.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0040]

10,20,30,40	Wasserstrahlanlage
11	Wasserzuleitung
12	Druckpumpe
13,39	Druckleitung
14,44	Düse
15	Wasserstrahl
16	Mischrohr
17	Eintragvorrichtung
18	Schleifmittelführung
19,29,45	Wasserstrahl (schleifmittelhaltig)
21	T-Stück
22,27	Drosselventil
23	Bypassleitung
24	Drucktank (mit Schleifmittel)
25	Blindstopfen
26	Absperrventil
28	Mischstück
31	Mischbehälter
32	Motor
33	Rührwerk
34	Schleifmittelsuspension
35	Ansaugleitung
36	Membranpumpe
37	Membran
38	Pumpenkammer
41	Einlassventil
42,42'	Auslassventil
43	Überdruckventil
46	Ventilbuchse
47,47'	Ventilsitz
48,48'	Schliesselement

5 **Patentansprüche**

1. Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstücks mittels eines unter hohem Druck aus einer Düse (44) austretenden, schleifmittelhaltigen Wasserstrahls (45), **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ersten Schritt bei Normaldruck eine Schleifmittel und Wasser enthaltende Schleifmittelsuspension (34) bereitgestellt wird, dass in einem zweiten Schritt die bereitgestellte Schleifmittelsuspension (34) auf einen über Normaldruck liegenden Arbeitsdruck gebracht wird, dass in einem dritten Schritt die unter dem Arbeitsdruck stehende Schleifmittelsuspension (34) einer Düse (44) zugeführt wird, und dass in einem vierten Schritt ein schleifmittelhaltiger Wasserstrahl zwecks Beaufschlagung der Werkstückoberfläche aus der Düse (44) austritt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bereitstellung der unter Normaldruck stehenden Schleifmittelsuspension (34) in einem offenen Mischbehälter (31) eine Mischung mit Wasser und dem Schleifmittel hergestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mischung in dem Mischbehälter (31) fortlaufend, insbesondere mittels eines Rührwerks (32, 33), in Bewegung gehalten wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifmittelsuspension auf einen Arbeitsdruck von mehreren MPa gebracht wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **gekennzeichnet durch** einen Arbeitsdruck von 15 MPa bis 25 MPa.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleifmittel eine Härte von mindestens 7 gemäss Mohs-Skala aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifmittelpartikel einen Durchmesser im Bereich von 0,1 mm bis 0,3 mm aufweisen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifmittelsuspension (34) mittels einer Pumpe (36) auf den Arbeitsdruck gebracht wird, und dass die auf Arbeitsdruck gebrachte Schleifmittelsuspension (34) über eine Druckleitung (39) vom Ausgang der Pumpe (36) direkt zur Düse (44) geleitet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Pumpe eine Membranpumpe (36) verwendet wird.
10. Wasserstrahlanlage (40) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, welche Wasserstrahlanlage (40) eine Düse (44) zur Ausbildung eines Wasserstrahls (45) umfasst, welche über eine Druckleitung (39) an den Ausgang einer Druck erzeugenden Pumpe (36) angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe (36) ein- gangsseitig über eine Ansaugleitung (35) an einen eine Schleifmittelsuspension (34) enthaltenden Mischbehälter (31) angeschlossen ist.
11. Wasserstrahlanlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe eine Membranpumpe (36) ist.
12. Wasserstrahlanlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranpumpe (36) eine von einer Membran (37) begrenzte Pumpenkammer (38) aufweist, die über ein Einlassventil (41) mit der Ansaugleitung (35) und über ein Auslassventil (42) mit der Druckleitung (39) in Verbindung steht, und dass die Ventile (41, 42) jeweils einen zentralen Ventildurchgang (50) ausbildende Ventilbuchse (46) umfassen, die am stromabwärts liegenden Ende durch ein auf einem Ventilsitz (47) aufliegendes, entgegen der Strömungsrichtung federnd vorgespanntes Schliesselement (48) verschlossen ist.
13. Wasserstrahlanlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilbuchse (46) und das Schliesselement (48) der Ventile (41, 42) aus einem Hartmetall, insbesondere Wolframcarbid, hergestellt sind, und dass die Ventilsitze (47) eingeschliffen sind.
14. Wasserstrahlanlage nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schliesselement (48) in dem zum Ventilsitz (47) korrespondierenden Bereich kugelförmig ausgebildet und durch eine Druckfeder (49) in Schliessrichtung vorgespannt ist.
15. Wasserstrahlanlage nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Druckleitung (39) ein Überdruckventil (43) angeordnet ist.
16. Wasserstrahlanlage nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mischbehälter (31) ein mit einem Motor (32) ausgestattetes Rührwerk (33) aufweist, und dass der Mischbehälter (31) als offener Behälter ausgebildet ist.
17. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für Schneid- und/oder Reinigungsaufga-

ben an Kraftwerkskomponenten, insbesondere Kesseln, Wärmeüberträgern oder Turbinen.

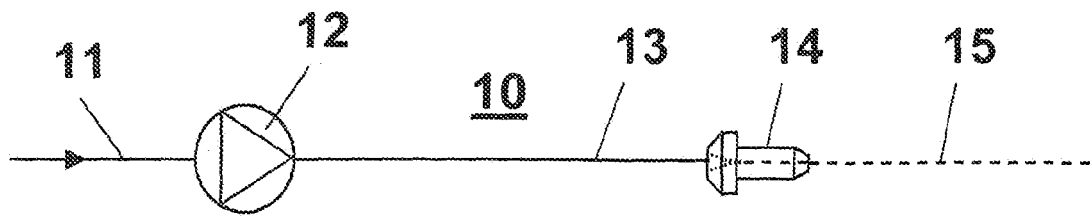


Fig. 1 (Stand der Technik)

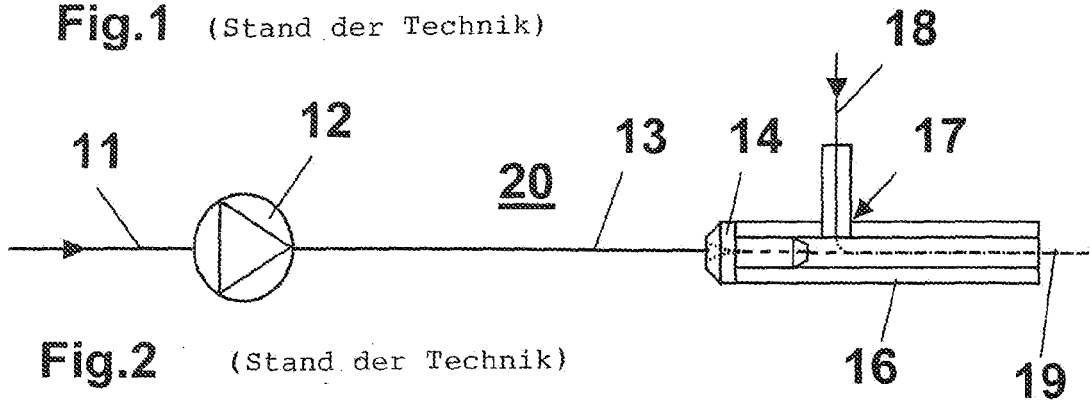


Fig. 2 (Stand der Technik)

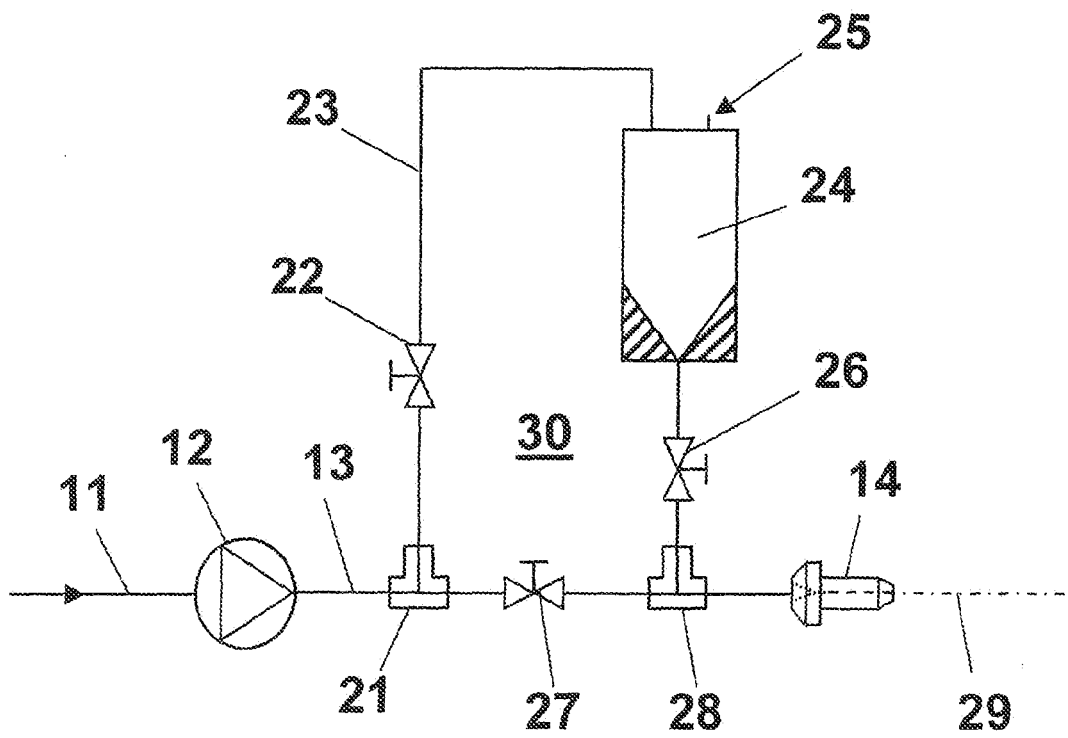


Fig. 3 (Stand der Technik)

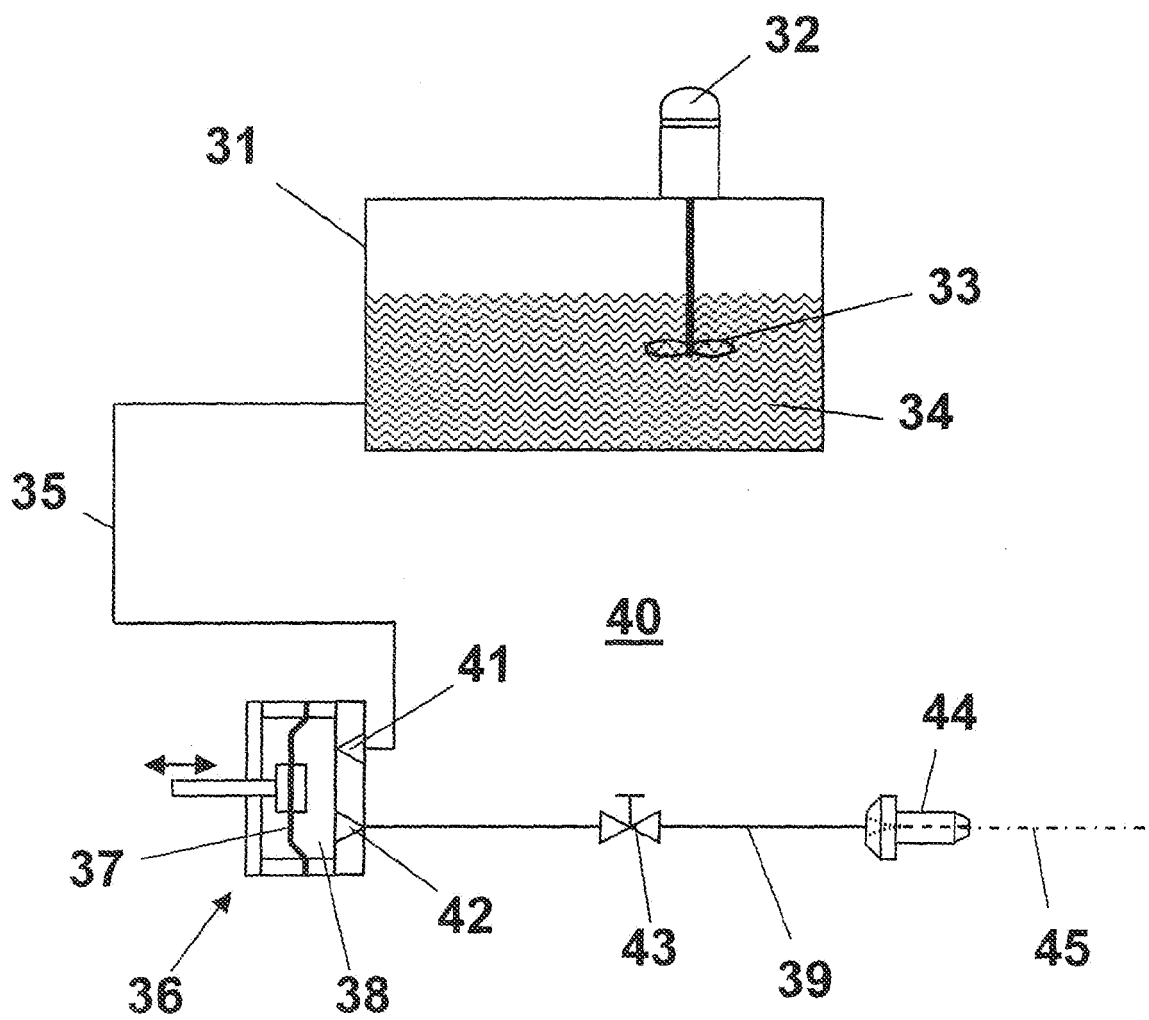
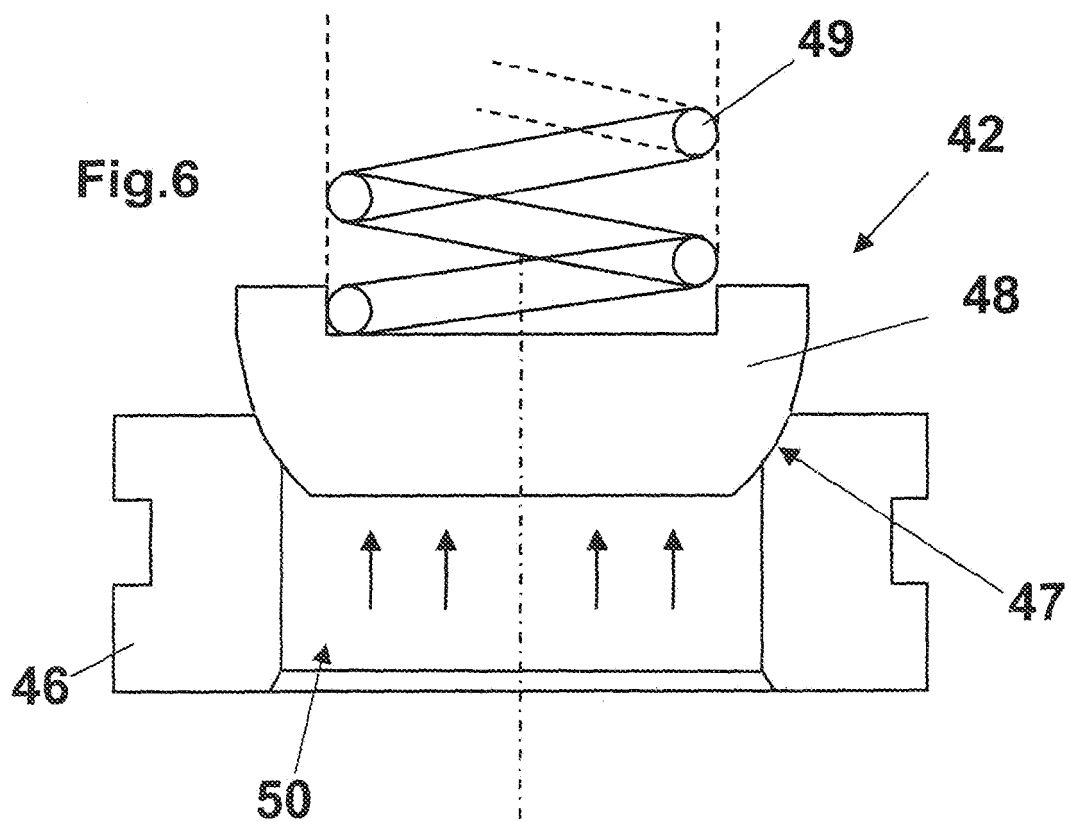
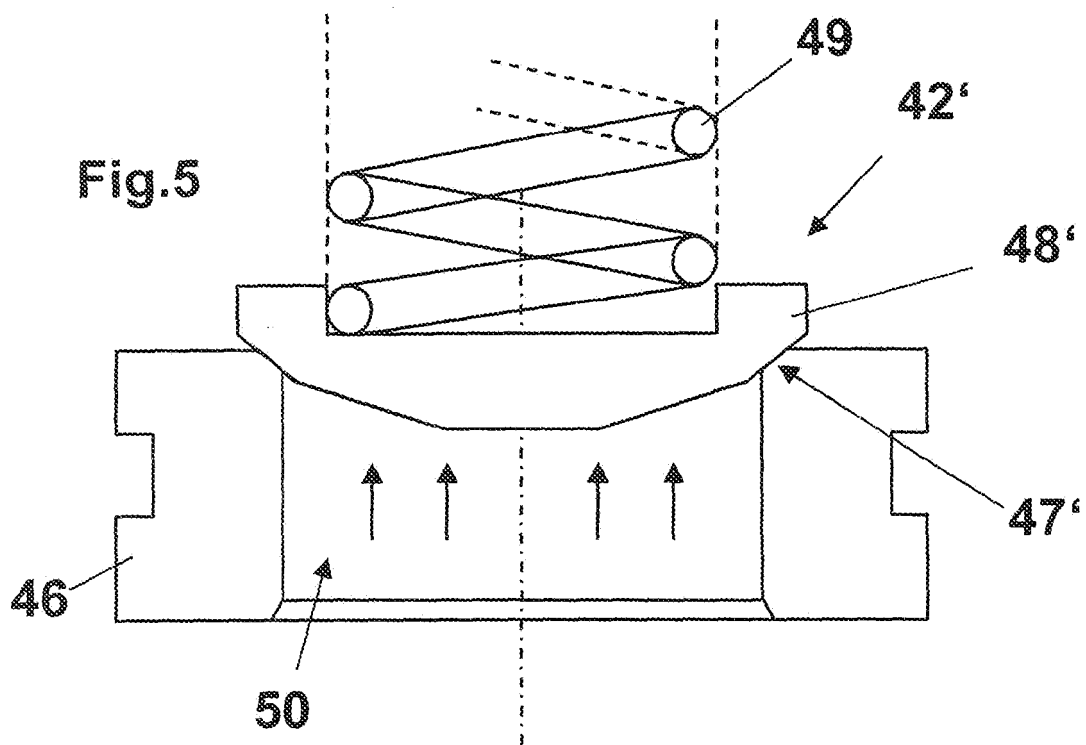


Fig.4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 18 0557

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 97/31752 A1 (EXTRUDE HONE CORP [US]) 4. September 1997 (1997-09-04) * Seite 15, Zeilen 3-14 * * Seite 17, Zeilen 16-21 * * Seite 19, Zeilen 18-28 * * Seite 20, Zeile 12 - Seite 21, Zeile 3 * * Tabellen II, III * * Abbildung 1 * * Zusammenfassung *	1-17	INV. B24C7/00 B24C5/00 F04B43/08
X	US 4 854 090 A (HERON ROGER A [GB] ET AL) 8. August 1989 (1989-08-08) * Spalte 3, Zeilen 34-37 * * Spalte 4, Zeilen 15,16 * * Abbildung 1 *	1-17	
X	GB 2 073 630 A (OGLE & SONS LTD G C) 21. Oktober 1981 (1981-10-21) * das ganze Dokument *	1-17	
A	US 4 872 293 A (YASUKAWA WATARU [JP] ET AL) 10. Oktober 1989 (1989-10-10) * Abbildung 1 *	3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	DE 31 21 103 A1 (TUCHENHAGEN OTTO GMBH [DE]) 11. Februar 1982 (1982-02-11) * Seite 4, Absatz 1 * * Seite 10, Absatz 2 - Seite 12, Absatz 2 * * Abbildungen 1,1a,2,4 * * Zusammenfassung *	9,11,12,14	B24C F04B
A	US 4 408 626 A (FUJIWARA KATSUJI [JP]) 11. Oktober 1983 (1983-10-11) * Spalte 5, Zeilen 42-58 *	13	
		-/-	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. März 2011	
		Prüfer Eder, Raimund	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 10 18 0557

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 2008/001111 A1 (BHR GROUP LTD [GB]; FEWELL TREVOR RICHARD [GB]; FULLER PAUL ANTHONY [G]) 3. Januar 2008 (2008-01-03) * Seite 7, Zeile 24 * * Abbildung 1 *	15	
A	US 5 160 548 A (BOISTURE THOMAS B [US]) 3. November 1992 (1992-11-03) * Spalte 1, Zeilen 6-12 * * Zusammenfassung *	17	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. März 2011	Prüfer Eder, Raimund
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 10 18 0557

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-03-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9731752 A1	04-09-1997	AT 275023 T	15-09-2004
		AU 724229 B2	14-09-2000
		AU 1984897 A	16-09-1997
		CA 2283131 A1	04-09-1997
		DE 69730524 D1	07-10-2004
		DE 69730524 T2	15-09-2005
		EP 0956180 A1	17-11-1999
		US 6288154 B1	11-09-2001
		US 5964644 A	12-10-1999
US 4854090 A	08-08-1989	AT 51788 T	15-04-1990
		AU 591529 B2	07-12-1989
		AU 6475986 A	05-05-1987
		CA 1298708 C	14-04-1992
		CN 86107567 A	02-09-1987
		DE 3670231 D1	17-05-1990
		DK 286887 A	04-06-1987
		EP 0276219 A1	03-08-1988
		FI 872556 A	08-06-1987
		WO 8702290 A1	23-04-1987
		IN 168092 A1	02-02-1991
		NO 872392 A	07-08-1987
		PL 261803 A1	24-08-1987
		RU 2071907 C1	20-01-1997
GB 2073630 A	21-10-1981	KEINE	
US 4872293 A	10-10-1989	CN 87100891 A	30-09-1987
		US 5018317 A	28-05-1991
DE 3121103 A1	11-02-1982	KEINE	
US 4408626 A	11-10-1983	AU 530983 B2	04-08-1983
		AU 7511381 A	14-04-1983
		CA 1187375 A1	21-05-1985
		DE 3139746 A1	15-04-1982
		DE 8129236 U1	19-05-1982
		FR 2491576 A1	09-04-1982
		GB 2086011 A	06-05-1982
		IT 1167509 B	13-05-1987
		NL 8104572 A	03-05-1982
WO 2008001111 A1	03-01-2008	EP 2038088 A1	25-03-2009
US 5160548 A	03-11-1992	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- WO 2005051598 A1 [0008]
- DE 19909377 A1 [0010]
- US 6899530 B2 [0032]