

(19)



(11)

EP 3 259 100 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.10.2020 Patentblatt 2020/42

(51) Int Cl.:
B24C 1/04 (2006.01) B24C 3/32 (2006.01)
B24C 9/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15706420.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/053432

(22) Anmeldetag: **18.02.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/131483 (25.08.2016 Gazette 2016/34)

(54) WASSER-ABRASIV-SCHNEIDANLAGE

ABRASIVE WATERJET CUTTING INSTALLATION

ÉQUIPEMENT DE DÉCOUPE À L'EAU 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:
27.12.2017 Patentblatt 2017/52

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

(72) Erfinder: **LINDE, Marco
23562 Lübeck (DE)**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Vollmann Hemmer
Lindfeld
Partnerschaft mbB
Wallstraße 33a
23560 Lübeck (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 2 617 540 EP-A1- 2 746 005
EP-A2- 0 984 265 DE-A1-102011 052 399
US-A- 5 381 631**

EP 3 259 100 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wasser-Abrasiv-Schneidanlage zum Schneiden von Rohren mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

[0002] Wasser-Abrasiv-Schneidanlagen werden zum Schneiden verschiedenster Materialien und Gegenstände genutzt. Beispielsweise werden sie zum Schneiden von Rohren verwendet, um z. B. Öl-Förderrohre unterhalb des Meeresgrundes abzutrennen. Solche Schneidanlagen können jedoch auch zum Schneiden von Rohren in anderen Anwendungen, beispielsweise Raffinerien, Brunnenbau etc. genutzt werden. Darüber hinaus können nicht nur Rohre, sondern auch Gegenstände von anderen Geometrien mit derartigen Anlagen geschnitten werden. Zum Schneiden von Rohren wird ein Schneidkopf, welcher über eine Schlauchleitung mit einer Hochdruckpumpe und einer Abrasivmittel-Zumischeinheit verbunden ist, in das Innere des Rohres bis auf die Höhe des einzubringenden Schnittes eingeführt. Dort wird die Schneideinrichtung dann mit einer Fixiereinrichtung im Inneren des Rohres fixiert und die Rohrwandung von innen her mit einem Hochdruckwasserstrahl, welchem Abrasivmittel zugesetzt ist, durchschnitten. Problematisch bei diesen Schnitten ist, dass die Arbeit ohne visuelle Kontrolle ausgeführt werden muss und dass es schwer ist zu erkennen, ob die Rohrwandung vollständig durchtrennt ist, das heißt in radialer Richtung und über den gesamten Umfang vollständig durchtrennt ist. Dies ist besonders schwierig zu erkennen, da derartige Rohre in der Regel mehrschalig aus mehreren ineinander liegenden Metallrohren ausgebildet sind, wobei die Zwischenräume der Metallrohre mit Beton verfüllt sind. Dabei sind die Rohre jedoch nicht immer zentriert angeordnet und die Zwischenräume auch nicht immer vollständig verfüllt, so dass keine einheitlichen Schnittbedingungen gegeben sind.

[0003] Eine Vorrichtung zum Durchtrennen von Rohren unter Wasser ist beispielsweise aus DE 10 2011 052 399 A1 bekannt. Bei diesem System ist es vorgesehen, einen Sensor, bevorzugt ein Hydrophon, zu verwenden, mit dessen Hilfe das Durchtreten des Wasserstrahls durch die Rohrwand detektiert wird. Insbesondere bei den beschriebenen mehrschaligen Rohren ist eine zuverlässige Detektion des Durchtrennens auf diese Weise jedoch nicht immer gewährleistet, was insbesondere daran liegt, dass die Füllung der Zwischenräume zwischen den einzelnen Rohren und auch das Material, welches das Rohr an der Außenseite umgibt, nicht bekannt sind und sich in Abhängigkeit dieser Zustände unterschiedliche Geräusche detektieren lassen, welche nicht immer auf ein vollständiges Durchtrennen der Rohrwandung schließen lassen.

[0004] Im Hinblick auf diesen Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Wasser-Abrasiv-Schneidanlage zum Schneiden von Rohren derart zu verbessern, dass eine zuverlässigere Detektion des Durchtrennens der Rohrwandung erreicht wird. Diese Aufgabe wird

durch eine Wasser-Abrasiv-Schneidanlage mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den beigefügten Figuren.

[0005] Die erfindungsgemäße Wasser-Abrasiv-Schneidanlage dient zum Schneiden einer Wandung eines grundsätzlich beliebigen Gegenstandes, insbesondere jedoch zum Schneiden von Rohren, wobei das Schneiden von innen oder von außen her erfolgen kann. Besonders bevorzugt erfolgt das Schneiden vom Inneren des Rohres her. Die erfindungsgemäße Wasser-Abrasiv-Schneidanlage weist in bekannter Weise eine Hochdruckpumpe auf, welche Wasser unter hohem Druck bereitstellt. Ferner ist eine Abrasivmittelzufuhr vorgesehen, um das unter Hochdruck stehende Wasser mit Abrasivmittel zu mischen. Bevorzugt ist die Anlage als Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage ausgebildet, bei welcher das Abrasivmittel mit dem Wasser im Hochdruckbereich stromaufwärts einer Austrittsdüse gemischt wird. Das unter Hochdruck stehende Wasser wird über eine Druckleitung, welche die Hochdruckpumpe mit einem Schneidkopf verbindet, diesem Schneidkopf zugeführt. Der Schneidkopf ist bevorzugt dazu ausgebildet, in das Innere eines zu durchtrennenden Rohres eingeführt und in diesem bis zu der Position des Schnittes vorgeschoben zu werden. Ferner ist der Schneidkopf mit einer Fixiereinrichtung versehen, welche ein Fixieren, insbesondere ein Verklemmen bzw. Verspannen an einer zu schneidenden Wandung und insbesondere im Inneren eines Rohres an der Position des einzubringenden Schnittes ermöglicht. An dem Schneidkopf ist ferner, vorzugsweise bewegbar, insbesondere drehbar, ein Düsenkopf angeordnet, welcher zumindest eine Schneiddüse zum Ausbringen eines Schneidstrahls aufweist. Dabei ist der Düsenkopf vorzugsweise so angeordnet, dass die Schneiddüse radial nach außen gerichtet ist, so dass in eine Rohrwandung ein radialer Schnitt eingebracht werden kann. Durch die Bewegbarkeit bzw. Drehbarkeit des Schneidkopfes kann die Schneiddüse so bewegt werden, dass der Schneidstrahl über die zu schneidende Wandung, insbesondere über den gesamten Umfang eines Rohres bewegt werden kann, um die Rohrwandung über den gesamten Umfang in radialer Richtung zu durchtrennen. Dazu ist der Düsenkopf vorzugsweise um 360° an dem Schneidkopf drehbar angeordnet. Für die Drehung ist ein geeigneter Antrieb, beispielsweise ein elektromotorischer oder hydraulischer Antrieb vorgesehen. Der Antrieb ist weiter bevorzugt so ausgebildet, dass er in seiner Drehgeschwindigkeit einstellbar ist, wobei insbesondere auch eine Positionserfassung vorgesehen sein kann. So kann der Schneidstrahl definiert bewegt werden, so dass während des Schneidvorganges sichergestellt wird, dass der Schneidstrahl nur dann weiter bewegt wird, wenn die Rohrwandung in radialer Richtung vollständig durchschnitten ist.

[0006] Um das vollständige Penetrieren der Wandung bzw. der Rohrwandung und/oder ein vollständiges

Durchtrennen bzw. Abtrennen eines Bauteils, wie insbesondere eines Rohres detektieren bzw. erfassen zu können, ist erfindungsgemäß eine Schneidüberwachungseinrichtung vorgesehen. Diese ist Teil der Wasser-Abrasiv-Schneidanlage und insbesondere Teil einer Steuereinrichtung der Schneidanlage, welche den Schneidvorgang und insbesondere die Bewegung des Schneidkopfes steuert. Insbesondere ist mit Hilfe der Schneidüberwachungseinrichtung und der Steuereinrichtung eine manuelle oder automatische Regelung des Vorschubes bzw. der Drehung des Schneidkopfes möglich. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann der Vorschub bzw. die Drehung von der Steuereinheit in Zusammenarbeit mit der Schneidüberwachungseinrichtung selbstständig definiert und gegebenenfalls angepasst werden, sodass die Schnittgeschwindigkeit an die Art des Materials und die Materialstärke angepasst wird. Alternativ kann dies manuell geschehen. So ist es möglich, dass die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie den Schneidkopf nur bewegt bzw. dreht, sofern von der Schneidüberwachungseinrichtung ein vollständiges Penetrieren (Durchstich) der Wandung bzw. Rohrwandung detektiert wird. Die Schneidüberwachungseinrichtung weist vorzugsweise eine elektronische Auswerteeinrichtung auf. Auch diese Auswerteeinrichtung kann in eine Steuereinrichtung für die gesamte Schneidanlage integriert sein. Ferner weist die Schneidüberwachungseinrichtung zumindest ein Hydrophon sowie zumindest einen weiteren Sensor auf. Dabei ist die Schneidüberwachungseinrichtung bzw. deren Auswerteeinrichtung so ausgebildet, dass sie auf Grundlage der Sensorsignale dieses zumindest einen Hydrophons und des zumindest einen weiteren Sensors ein vollständiges Penetrieren und/oder Durchtrennen einer Wandung bzw. Rohrwandung erkennen kann. Dazu sind die genannten Sensoren mit der Schneidüberwachungseinrichtung bzw. deren Auswerteeinrichtung zur Datenübertragung verbunden. Insbesondere ist eine Überlagerung bzw. gemeinsame Auswertung der Sensorsignale vorgesehen, sodass das Penetrieren bzw. Durchtrennen der Wandung an einer bestimmten Kombination von Sensorsignalen erfasst wird.

[0007] Besonders bevorzugt ist der zumindest eine weitere Sensor zumindest ein Körperschallsensor, zumindest ein Beschleunigungssensor, und/oder zumindest einen Drucksensor. Weiter bevorzugt ist eine Kombination von Hydrophon, Körperschallsensor, Beschleunigungssensor sowie einem Drucksensor. Die Schneidüberwachungseinrichtung bzw. deren Auswerteeinrichtung sind bevorzugt so ausgebildet, dass sie auf Grundlage der Sensorsignale des Körperschallsensors, des Beschleunigungssensors, des Hydrophons und des Drucksensors ein vollständiges Penetrieren und/oder Durchtrennen einer Wandung bzw. Rohrwand erkennen. Dazu sind alle diese Sensoren mit der Schneidüberwachungseinrichtung bzw. deren Auswerteeinrichtung zur Datenübertragung verbunden. Die erfindungsgemäße Verwendung zumindest zweier, bevorzugt vier unter-

schiedlicher Sensoren, nämlich besonders bevorzugt des Hydrophons, eines Körperschallsensors, eines Beschleunigungssensors und eines Drucksensors erlaubt durch gleichzeitige Auswertung und Vergleich verschiedener Signale eine wesentlich genauere Detektion des Penetrierens und Durchtrennens der Wandung, als es nur unter Verwendung eines Hydrophons möglich wäre. So ist es möglich, in der Auswerteeinrichtung definierte Vorgaben zu machen, dass die Signale verschiedener Sensoren gemeinsam bestimmte Sollwerte oder Veränderungen aufweisen müssen, um ein erfolgreiches Penetrieren bzw. Durchtrennen der Wandung zu detektieren.

[0008] Der Beschleunigungssensor und der Körperschallsensor können besonders bevorzugt als integrierter Sensor, das heißt als ein integrierter Körperschall-Beschleunigungssensor ausgebildet sein. Ein solcher Sensor kann sowohl einen Körperschall als auch auf ihn wirkende Beschleunigungen erfassen.

[0009] Weiter bevorzugt sind der Beschleunigungssensor und der Körperschallsensor an dem Schneidkopf derart angeordnet, dass sie mit einer zu schneidenden Wandung bzw. Rohrwandung in eine schwingungsübertragende Verbindung, bevorzugt in direkter Anlage, bringbar sind. Die Sensoren können dazu an einem Träger angeordnet sein, welcher derart an dem Schneidkopf angebracht ist, dass er mit der Wandung bzw. Rohrwandung in Anlage treten kann. Der Schneidkopf ist bevorzugt so ausgebildet, dass der Beschleunigungssensor während des Schneidvorgangs in fester Anlage an der Wandung gehalten wird. So können Bewegungen der Wandung direkt auf den Beschleunigungssensor übertragen und von diesem erfasst werden. Durch den schwingungsübertragenden Kontakt bzw. die schwingungsübertragende Verbindung zwischen dem Körperschallsensor und der Wandung, kann der Körperschallsensor Körperschall bzw. Schwingungen aus der Wandung erfassen, welche sich beim Penetrieren und Durchtrennen der Wandung bzw. Rohrwandung verändern.

[0010] Weiter bevorzugt sind der Beschleunigungssensor und der Körperschallsensor in einem Anlageelement der Fixiereinrichtung, welches zur Anlage an der Wandung bzw. Rohrwandung vorgesehen ist, angeordnet. Dies hat den Vorteil, dass diese Sensoren bei der Fixierung des Schneidkopfes im Rohr automatisch an der Wandung, das heißt bevorzugt an der Innenseite einer Rohrwandung zur Anlage kommen. Das Anlageelement der Fixiereinrichtung wird vorzugsweise durch geeigneten Druck- bzw. Spannmittel in radialer Richtung gegen die Innenwandung des Rohres gedrückt, um so den Schneidkopf im Inneren des Rohres zu verspannen. Dabei wird dann gleichzeitig eine sichere Anlage des Körperschall- und Beschleunigungssensors an der Rohrwandung erreicht, wodurch die beschriebene Schwingungs- und Bewegungsübertragung gewährleistet ist. Der Körperschallsensor und/oder der Beschleunigungssensor können vorzugsweise direkt in einem Anlageelement gelegen sein, welches mit Druck- bzw. Spannmittel-

teln verbunden ist, über welche dieses Anlageelement gegen die Wandung bzw. Rohrwandung bewegbar ist. Alternativ können die genannten Sensoren auch in einem festen unbeweglichen Anlageelement angeordnet sein, welches durch Bewegen eines weiteren mit Druck- bzw. Spannmitteln verbundenen Anlageelementes, das an einer abgewandten Seite des Schneidkopfes gelegen ist, mit der Wandung bzw. Rohrwandung in Anlage gebracht wird. Eine Ausgestaltung mit derartigen festen Anlageelementen wird weiter unten beschrieben.

[0011] Der Beschleunigungssensor ist bevorzugt ein Mehrachsenbeschleunigungssensor, insbesondere ein 3D-Beschleunigungssensor. So können Beschleunigungen in verschiedene Richtungen, bevorzugt in allen drei Raumrichtungen, aufgenommen werden.

[0012] Das Hydrophon ist an einer Außenseite des Schneidkopfes derart angeordnet, dass es mit einer den Schneidkopf umgebenden Flüssigkeit in Kontakt kommen kann. Während des Schneidvorganges füllt sich z. B. der Innenraum eines von innen zu schneidenden Rohres mit Flüssigkeit, insbesondere mit dem aus der Schneiddüse austretendem Wasser. So ist der gesamte Schneidkopf während des Schneidvorganges im Wasser gelegen. Wenn das Hydrophon in der beschriebenen Weise an der Außenseite des Schneidkopfes angeordnet ist, kann es so Schall in dieser Flüssigkeit, das heißt in dem Wasser, erfassen. Die im Wasser auftretenden Geräusche verändern sich in verschiedenen Betriebszuständen der Schneidanlage und insbesondere auch beim Penetrieren (Durchstechen) oder Durchtrennen der Wandung bzw. Rohrwandung.

[0013] Der Drucksensor ist an dem Schneidkopf vorzugsweise derart angeordnet, dass er den Druck einer den Schneidkopf umgebenden Flüssigkeit erfassen kann. Dies ist, wie vorangehend beschrieben, bevorzugt Wasser. Der Drucksensor kommt mit der Flüssigkeit in direkten Kontakt oder ist über eine geeignete Leitung in druckübertragender Verbindung, so dass während des Schneidvorganges z. B. der Innendruck der Flüssigkeit im Inneren des Rohres erfasst werden kann.

[0014] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Fixiereinrichtung mehrere, insbesondere drei über den Umfang des Schneidkopfes verteilte Anlageelemente auf, welche zur Fixierung mit einer Rohrwandung in Anlage treten können. Diese Ausgestaltung der Fixiereinrichtung kann unabhängig von der vorangehend beschriebenen Schneidüberwachungseinrichtung, das heißt auch ohne diese Schneidüberwachungseinrichtung, Verwendung finden. Dies gilt ebenfalls für die nachfolgend beschriebenen Details der Fixiereinrichtung. Durch die Anordnung mehrerer, vorzugsweise dreier Anlageelemente ist es möglich, die Fixiereinrichtung fest im Inneren des Rohres zu verspannen, in dem die Anlageelemente in radialer Richtung gegen die Innenwandung des Rohres gedrückt werden. Ferner ist so eine Positionierung des Schneidkopfes beabstandet von der Innenwandung des Rohres, insbesondere eine zentrierte Anordnung möglich. Besonders be-

vorzugt sind die mehreren Anlageelemente, beispielsweise die genannte drei Anlageelemente, gleichmäßig über den Umfang des Schneidkopfes verteilt, so ergibt sich eine gleichmäßige Kraftübertragung zwischen Schneidkopf und Rohrwandung. Ferner liegen die Anlageelemente bevorzugt in einer Querschnittsebene normal zur Längs- bzw. Vorschubachse des Schneidkopfes. Diese Längsachse entspricht der Längsachse des zu durchtrennenden Rohres.

[0015] Besonders bevorzugt ist eines der Anlageelemente in radialer Richtung bewegbar. Dazu kann beispielsweise ein hydraulischer Antrieb vorgesehen sein, über welchen das Anlageelement radial nach außen gegen die Innenwandung des Rohres bewegt werden kann. So kann eine Druckkraft auf die Innenwandung des Rohres ausgeübt werden, um den Schneidkopf im Inneren des Rohres zu verspannen. Besonders bevorzugt ist bei der Anordnung mehrerer Anlageelemente lediglich eines der Anlageelemente in der beschriebenen Weise bewegbar. Dies vereinfacht den Aufbau des Schneidkopfes, da lediglich ein Antrieb, insbesondere ein hydraulischer Antrieb zum Bewegen eines Anlageelementes vorgesehen werden muss. Bei einer solchen Ausgestaltung ist möglicherweise keine genaue Zentrierung des Schneidkopfes im Inneren des Rohres möglich. Es hat sich allerdings gezeigt, dass dies auch nicht erforderlich ist, da der Aufbau der Rohrwandungen, wie oben beschrieben, in der Regel ohnehin nicht rotationssymmetrisch ist.

[0016] Weiter bevorzugt sind zwei der Anlageelemente in radialer Richtung starr ausgebildet und vorzugsweise austauschbar an dem Schneidkopf befestigt. Dies gilt insbesondere dann, wenn insgesamt drei Anlageelemente vorgesehen sind. Bei dieser Ausgestaltung sind dann bevorzugt zwei Anlageelemente starr ausgebildet, während das dritte Anlageelement in der vorangehend beschriebenen Weise radial bewegbar ist. Durch die Bewegung des bewegbaren Anlageelementes ist bei dieser Ausgestaltung ein Verspannen des Schneidkopfes im Rohr möglich, da das bewegbare Anlageelement gegen die Innenwandung des Rohres gedrückt wird. Als Reaktion werden gleichzeitig die zwei starren Anlageelemente in entgegengesetzter Richtung an die Rohrwandung gedrückt. Die starren Anlageelemente sind vorzugsweise austauschbar ausgebildet. Dazu sind vorzugsweise Anlageelemente mit verschiedener radialer Länge vorgesehen, so dass eine Anpassung des Schneidkopfes an verschiedene Innendurchmesser von Rohren möglich ist. So können für größere Rohrquerschnitte in radialer Richtung längere Anlageelemente vorgesehen werden als für kleinere Rohrdurchmesser. So ist bei verschiedenen Rohrdurchmessern stets noch eine ungefähre Zentrierung des Schneidkopfes möglich. Ferner kann so die erforderliche Hublänge des bewegbaren Anlageelementes kleingehalten werden.

[0017] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Anlageelemente kufenförmig ausgebildet, wobei sich die Anlageelemente in ihrer kufenförmigen Längserstreckung parallel zur Vorschubrichtung

des Schneidkopfes in einem Rohr erstrecken. So können die Anlageelemente den Schneidkopf beim Einführen in ein Rohr im Inneren des Rohres führen. So wird beim Vorschub ein Verkanten des Schneidkopfes im Rohr verhindert.

[0018] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung kann zumindest eines der Anlageelemente und können vorzugsweise alle Anlageelemente an einer zur Anlage an einer Rohrwandung, das heißt der Innenwandung des Rohres vorgesehenen Oberfläche, Eingriffsmittel zum formschlüssigen Eingriff in die Rohrwandung aufweisen. Dies kann beispielsweise eine Riffelung oder eine Anordnung von Zacken sein, welche sich in der Rohrwandung verkrallt und zusätzlich zu der kraftschlüssigen Anlage einen formschlüssigen Eingriff erreicht. Dadurch kann eine bessere Fixierung des Schneidkopfes im Inneren des Rohres erreicht werden.

[0019] Die Schneidüberwachungseinrichtung ist weiter bevorzugt derart ausgebildet, dass sie ein Durchtrennen bzw. Abtrennen der Wandung, insbesondere ein Abtrennen eines Rohres an einem Anstieg der von dem Beschleunigungssensor detektierten Beschleunigungen erkennt. Wenn z. B. das Rohr vollständig durchtrennt bzw. abgetrennt ist und sich der Schneidkopf mit dem Beschleunigungssensor vorzugsweise in dem oberen Teil des Rohres befindet, kann dieser abgetrennte Rohrtteil sich dann je nach umgebenden Material um ein gewisses Maß frei bewegen, wobei diese Bewegungen dann von dem Beschleunigungssensor detektiert werden. Eine solche Bewegung ist nur möglich, wenn das Rohr vollständig durchtrennt ist.

[0020] Weiter bevorzugt kann die Schneidüberwachungseinrichtung derart ausgebildet sein, dass sie an einer Veränderung des Sensorsignals des Hydrophons erkennt, dass der Schneidstrahl Abrasivmittel enthält. Dadurch ist eine Funktionskontrolle der Abrasivmittelzufuhr möglich. Das an der Schneiddüse auftretende Geräusch verändert sich, je nachdem ob nur Wasser oder Wasser und Abrasivmittel aus der Düse austritt. Da es sich bei der Wasser-Abrasiv-Schneidanlage bevorzugt um eine Suspensions-Schneidanlage handelt, wird bei dieser bevorzugt das Wasser mit dem Abrasivmittel gemeinsam aus der Schneiddüse ausgebracht.

[0021] Ferner kann die Schneidüberwachungseinrichtung vorzugsweise so ausgebildet sein, dass sie ein Durchstechen bzw. Penetrieren einer Wandung z. B. eines Rohres an einer Verringerung des von dem Drucksensor detektierten Druckes und/oder einer Veränderung des Sensorsignals des Körperschallsensors erkennt. Das an der Wandung bzw. Rohrwandung auftretende Geräusch verändert sich ebenfalls, wenn die Wandung vollständig durchstoßen ist. Der Druckabfall kann dadurch auftreten, dass das aus der Schneiddüse ausgebrachte Wasser aus einem von innen zu schneidenden Rohr radial nach außen austreten kann und sich nicht mehr im Inneren des Rohres staut. Jeder Sensor allein kann jedoch das vollständige Durchstechen der Wandung bzw. Rohrwandung nicht erkennen, so dass vor-

zugsweise die Signale in Kombination ausgewertet werden, wozu die Schneidüberwachungseinrichtung bzw. deren Auswerteeinrichtung entsprechend ausgestaltet ist. So kann es bei einem mehrschaligen Rohr beispielsweise dann, wenn in einem Zwischenraum zwischen zwei Rohren kein Füllstoff vorhanden ist, ebenfalls zu einem Druckabfall kommen, ohne dass alle Schalen des Rohres vollständig durchstoßen sind.

[0022] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wirkt die Schneidüberwachungseinrichtung derart mit einer Steuereinrichtung zur Regelung eines Antriebes des Düsenkopfes zusammen, dass die Vorschubbewegung des Düsenkopfes, d. h. insbesondere eine Drehbewegung des Düsenkopfes in Abhängigkeit eines Signals der Schneidüberwachungseinrichtung manuell oder automatisch geregelt wird. Das Signal der Schneidüberwachungseinrichtung repräsentiert dabei bevorzugt ein erkanntes vollständiges Penetrieren bzw. Durchstechen der Wandung. So kann die Vorschub- oder Drehbewegung des Düsenkopfes so geregelt werden, dass der Düsenkopf nur weiterbewegt wird, wenn der Schneidstrahl die Wandung vollständig penetriert. D. h. die Vorschub- oder Drehbewegung wird in Abhängigkeit des Schneidergebnisses geregelt bzw. so variiert, dass stets ein vollständiges Durchtrennen der Wandung realisiert wird.

[0023] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Schneidüberwachungseinrichtung derart ausgebildet, dass sie eine Anlernfunktion aufweist. Diese Anlernfunktion ermöglicht es, die Schneidüberwachungseinrichtung an verschiedene Materialien und Umgebungen anzupassen. Die Anlernfunktion ist so ausgebildet, dass der Schneidüberwachungseinrichtung manuell ein vollständiges Durchtrennen bzw. Penetrieren der Wandung bzw. Rohrwandung zur Kenntnis gebracht wird, woraufhin die Schneidüberwachungseinrichtung die aktuellen Sensorsignale erfasst und speichert. D. h. die Schneidüberwachungseinrichtung lernt, wie sich ein vollständiges Penetrieren der Wandung aktuell anhört. Auf Grundlage der so angelernten Sensorsignale der zuvor beschriebenen verschiedenen Sensoren, insbesondere der in Kombination auftretenden Sensorsignale kann dann die Schneidüberwachungseinrichtung im weiteren Verfahrensablauf, d. h. während des weiteren Schneidvorganges, das vollständige Penetrieren bzw. Durchtrennen der Rohrwandung erkennen. Das Anlernen kann beispielsweise in der Weise erfolgen, dass der Düsenkopf in einer festen Position gehalten wird und dann ein Schneidstrahl für eine bestimmte Zeit ausgebracht wird, bei welcher man sicher sein kann, dass die Rohrwandung bzw. Wandung vollständig durchtrennt sein muss. Dies kann eine im Vorfeld experimentell ermittelte Zeitspanne, beispielsweise eine Zeitspanne von 10 Minuten sein. Dabei ist zu verstehen, dass das Stillstehen des Düsenkopfes eine geringfügige Pendelbewegung mit umfasst.

[0024] Sofern vorangehend und nachfolgend die erfindungsgemäße Schneidanlage anhand von Rohren be-

schrieben wurde, so ist doch zu verstehen, dass in entsprechender Weise auch beliebige andere Geometrien geschnitten werden können, wenn der Düsenkopf mit einer entsprechenden Manipulationseinrichtung versehen ist. Im Sinne der Erfindung sollen derartige andere Geometrien von der Beschreibung anhand von Rohren ausdrücklich mit umfasst sein.

[0025] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand der beigefügten Figuren beschrieben. In diesen zeigt:

- Fig. 1 eine Schnittansicht eines Rohres mit einer erfindungsgemäßen Wasser-Abrasiv-Schneidanlage,
- Fig. 2 einen Querschnitt des Schneidkopfes in dem Rohr gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 3 einen Querschnitt des Schneidkopfes in dem Rohr gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung und
- Fig. 4 vergrößert ein Anlageelement gemäß Fig. 1 bis 3 im Detail.

[0026] Die gezeigte Wasser-Abrasiv-Schneidanlage ist eine Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidanlage, das heißt eine Schneidanlage, bei welcher das Abrasivmittel dem Wasser im Hochdruckbereich stromaufwärts einer Schneiddüse zugemischt wird. Die erfindungsgemäße Schneidanlage weist einen Schneidkopf 2 auf, welcher zum Einführen in ein Rohr 4 ausgebildet ist. Der Schneidkopf 2 ist über eine Druckleitung 6 mit einer Versorgungseinheit 8 verbunden. Die Versorgungseinheit 8 umfasst insbesondere eine Hochdruckpumpe, welche Wasser unter hohen Druck, beispielsweise einen Druck von 2500 bar oder größer, bereitstellt. Ferner weist die Versorgungseinheit 8 eine Abrasivmittelzufuhr auf. Die unter Hochdruck stehende Suspension, das heißt ein Wasser-Abrasivmittel-Gemisch, wird über die Druckleitung 6 dem Schneidkopf 2 zugeführt. Im Betrieb verbleibt die Versorgungseinheit 8 außerhalb des Rohres. Bei Off-shore Anwendungen verbleibt die Versorgungseinheit 8 bevorzugt oberhalb der Wasseroberfläche während der Schneidkopf 2 beispielsweise in ein Ölförderrohr soweit eingeführt wird, dass er einen Schnitt unterhalb des Meeresbodens ausführen kann.

[0027] Der Schneidkopf 2 weist an seinem in der Einschubrichtung, in welcher der Schneidkopf 2 in das Rohr 4 eingeschoben wird, vorderen Ende einen Düsenkopf 10 auf, an welchem ein radial gerichtete Schneiddüse angeordnet ist. Aus der Schneiddüse 12 tritt ein radial gerichteter Hochdruck-Schneidstrahl 14, das heißt ein Wasser-Abrasivmittel-Gemisch aus. Der Düsenkopf 10 ist gegenüber dem Schneidkopf 2 um die Längsachse X des Schneidkopfes 2, welche der Längsachse X des Rohres 4 entspricht, drehbar. Dazu ist in dem Schneid-

kopf 2 ein geeigneter, hier nicht näher gezeigter Antrieb, beispielsweise ein hydraulischer Antrieb oder ein elektrischer Antrieb vorhanden. Der Schneidkopf 2 weist darüber hinaus eine Fixiereinrichtung auf, welche es ihm ermöglicht, sich im Inneren des Rohres 4 zu verspannen. Die Fixiereinrichtung weist in diesem Fall drei Anlageelemente 16, 18 und 20 auf. Die Anlageelemente 16, 18 und 20 sind so ausgebildet, dass sie an der Innenwandung des Rohres 4 kraftschlüssig und/oder formschlüssig zur Anlage kommen können und so den Schneidkopf 2 in dem Rohr 4 verspannen und fixieren. In dem in Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist dazu lediglich das Anlageelement 18 mit einem in radialer Richtung bezogen auf die Längsachse X wirkenden hydraulischen Antrieb 22 ausgestattet. Die Anlageelemente 16 und 20 sind in diesem Beispiel starr ausgebildet, das heißt sie weisen eine fixe radiale Länge bezogen auf die Längsachse X auf. Zum Verspannen des Schneidkopfes 2 im Inneren des Rohres 4 wird der hydraulische Antrieb 22 in axialer Richtung ausgefahren, so dass das Anlageelement 18 gegen die Innenwandung des Rohres 4 gedrückt wird. Als Reaktion werden entsprechend auch die starren Anlageelemente 18 und 20 gegen die Innenwandung des Rohres gedrückt. Die Anlageelemente 16 und 20 sind vorzugsweise austauschbar, so dass Anlageelemente 16, 20 unterschiedlicher radialer Länge an dem Schneidkopf 2 angebracht werden können, um eine Anpassung an unterschiedliche Rohrdurchmesser zu erreichen. Bei der in Fig. 3 gezeigten alternativen Ausführungsform sind alle drei Anlageelemente 16, 18, 20 mit einem entsprechenden hydraulischen Antrieb 22 vorgesehen, wobei zum Verspannen alle drei hydraulischen Antriebe radial nach außen verfahren werden. Bei gleichmäßiger Bewegung der drei hydraulischen Antriebe der drei Anlageelemente 16, 18, 20 kann eine Zentrierung des Schneidkopfes 2 im Inneren des Rohres 4 ermöglicht werden.

[0028] Wie in der vergrößerten Ansicht gemäß Fig. 4 gezeigt, können die Anlageelemente 16, 18, 20 zusätzlich an Ihrer, der Innenwandung des Rohres 4 zugewandten Oberfläche, das heißt radial nach außen gerichteten Oberfläche, Eingriffselemente 24 aufweisen, welche hier beispielsweise in Form von Zacken dargestellt sind. Diese Eingriffselemente 24 sorgen für einen formschlüssigen Eingriff in der Innenwandung des Rohres 4 und zu einer besseren Fixierung des Schneidkopfes in dem Rohr 4. Es ist zu verstehen, dass auch die Anlageelemente 16 und 20 in entsprechender Weise ausgestaltet sein können.

[0029] Die gezeigte Schneidanlage weist darüber hinaus eine Schneidüberwachungseinrichtung auf. Diese umfasst eine Auswerte- bzw. Steuereinheit 26, welche wie die Versorgungseinheit 8 zur Anordnung außerhalb des Rohres 4 vorgesehen ist. Die Steuereinheit 26 kann in die Versorgungseinheit 8 integriert sein. Vorzugsweise steuert die Steuereinheit 26 auch die Versorgungseinheit 8 und den gesamten Schneidprozess, das heißt auch die Bewegung des Düsenkopfes 10 zur Ausbildung des

Schnittes in der Rohrwandung des Rohres 4. Darüber hinaus kann die Steuereinheit 26 auch die Betätigung der hydraulischen Antriebe 22 zum Verspannen des Schneidkopfes 2 in dem Rohr 4 steuern. Die Steuereinheit 26 ist über eine Leitungsverbindung 28 mit dem Schneidkopf 2 verbunden. Dies kann eine elektrische oder beispielsweise auch eine optische Verbindung sein, welche eine Übertragung von Daten von der Steuereinheit 26 zu dem Schneidkopf 2 und in umgekehrter Richtung zulässt. Die Leitungsverbindung 28 kann mit der Druckleitung 8 in eine Leitung integriert sein.

[0030] Die Schneidüberwachungseinrichtung weist in dem Schneidkopf 2 vier verschiedene Sensoren auf. Dies ist zum einen ein Hydrophon 30, welches an einer Außenwandung des Schneidkopfes 2 nahe zu dem Düsenkopf 10 und der Schneiddüse 12 angeordnet ist. Dieses Hydrophon 30 erfasst Geräusche in der Flüssigkeit, welche sich während des Schneidprozesses im Inneren des Rohres 4 befinden. Dies ist insbesondere die aus der Schneiddüse 12 austretende Flüssigkeit, das heißt vorzugsweise Wasser. Zum anderen ist an der Außenseite des Schneidkopfes 2 ebenfalls in Kontakt mit der Flüssigkeit in dem Rohr 4 ein Drucksensor 32 angeordnet. Dieser erfasst den Wasserdruck im Inneren des Rohres 4 während des Schneidprozesses.

[0031] Ferner sind in dem Anlageelement 18 zwei Sensoren vorgesehen, welche in direkter Anlage mit der Innenwandung des Rohres 4 kommen, wenn das Anlageelement 18 zur Anlage mit der Innenwandung des Rohres 4 gebracht wird. Dies sind ein Körperschallsensor 34 und ein Beschleunigungssensor 36, welche hier als zwei separate Sensoren gezeigt sind, jedoch auch in einem integrierten Sensor vereint sein können. Der Beschleunigungssensor 36 ist vorzugsweise als Mehrachsen-, besonders bevorzugt als Drei-Achsen-Beschleunigungssensor ausgebildet. Beim Verspannen des Schneidkopfes 2 im Inneren des Rohres 4 wird der Beschleunigungssensor 36 so in eine feste Positionierung relativ zu dem Rohr 4 gebracht, so dass er Bewegungen und Beschleunigungen des Rohres 4 erfassen kann. Der Körperschallsensor 34 erfasst Schwingungen im Rohr, insbesondere solche Schwingungen, welche durch den Schneidstrahl 14 hervorgerufen werden. Insbesondere ändern sich die Schwingungen, wenn sich die Umgebungsbedingungen ändern, d. h. beispielsweise die Rohrwandung vollständig penetriert ist, die Rohrwandung vollständig abgetrennt bzw. durchschnitten ist usw. An der Veränderung der Schwingungen können die verschiedenen Zustände erkannt werden.

[0032] Das Rohr 4 ist in diesem Beispiel dreischalig ausgebildet, das heißt es weist drei ineinander angeordnete Metallrohre 38, 40 und 42 auf, wobei das Metallrohr 42 die Innenwandung des Rohres 4 und das Metallrohr 38 die Außenwandung des Rohres 4 bildet. Die Freiräume zwischen dem Rohr 38 und 40 sowie dem Rohr 40 und 42 sind jeweils mit Beton 44 ausgefüllt. In dem hier gezeigten Beispiel sind die Metallrohre 38, 40, 42 konzentrisch zueinander um die Längsachse X angeordnet

und die Freiräume vollständig mit Beton 44 verfüllt. Es ist jedoch zu verstehen, dass in der Praxis die Metallrohre 38, 40, 42 nicht konzentrisch zueinander angeordnet sein können und die Freiräume gegebenenfalls auch nicht vollständig mit Beton 44 ausgefüllt sein können. So kann es sein, dass das Rohr 4 eine über den Umfang variierenden Wandstärke und unterschiedliche Konsistenz der Rohrwandung aufweist. Dies macht die Überwachung des Schneidvorganges schwierig, wobei dies durch Kombination der Signale von den vier Sensoren, das heißt dem Hydrophon 30, dem Drucksensor 32, dem Körperschallsensor 34 und dem Beschleunigungssensor 36 in Kombination möglich wird. Die Steuereinheit 26 wertet die Sensorsignale in Kombination aus.

[0033] Der Schneidprozess und die Schneidüberwachung erfolgt dabei wie folgt. Nach dem Einbringen des Schneidkopfes 2 in das Rohr in eine gewünschte axiale Position entlang der Längsachse X, wird der Schneidkopf 2 im Rohr 4 durch Ausfahren des oder der hydraulischen Antriebe 22 fixiert. Nach dem Fixieren wird der Schneidprozess gestartet, indem zunächst die Hochdruckwasserzufuhr gestartet wird und dann die Abrasivmittelzufuhr über die Versorgungseinheit 8. Dieser Prozess kann besonders bevorzugt durch das Hydrophon 30 überwacht werden. Am Geräusch im Wasser, mit welchem sich das Innere des Rohres 4 füllt, kann erfasst werden, ob aus der Schneiddüse 12 nur Wasser oder ein Wasser-Abrasivmittel-Gemisch austritt. Wenn der Austritt des Wasser-Abrasivmittel-Gemisches erfasst wird, beginnt der Schneidvorgang, wobei der Düsenkopf 10 zunächst nicht gedreht wird, bis der Schneidstrahl 14 die Rohrwandung vollständig durchdrungen hat, das heißt die Metallrohre 38, 40 und 42 sowie den Beton 44 in den Zwischenräumen vollständig durchbohrt hat. Dies kann über den Körperschallsensor 34 detektiert werden, wobei gleichzeitig das Signal des Hydrophons 30 und des Drucksensors 32 genutzt wird. Die Signale werden in Kombination ausgewertet. So erkennt z.B. der Drucksensor 32 einen Druckabfall im Inneren des Rohres 4 und der Körperschallsensor 34 und das Hydrophon 30 müssen z.B. eine entsprechende Änderung des von ihnen erfassten Schwingungsbildes erkennen, so dass die Steuereinheit 26 daraus auf ein vollständiges Durchtrennen der Rohrwandung des Rohres 4 schließen kann. Allein das Signal des Drucksensors 32 würde beispielsweise nicht ausreichen, da nach Durchtrennen des inneren Metallrohres 42, wenn beispielsweise der Freiraum zwischen den Metallrohren 40 und 42 nicht vollständig verfüllt ist, bereits ein Druckabfall auftreten kann, ohne dass die Rohrwandung vollständig durchtrennt ist. Umgekehrt kann beispielsweise auch allein aus einer Signaländerung des Hydrophons 30 und des Körperschallsensors 34 auf ein vollständiges Durchtrennen der Rohrwandung geschlossen werden, auch wenn es nicht zu einem Druckabfall im Inneren des Rohres 4 kommt. Dies kann beispielweise der Fall sein, wenn das äußere Metallrohr 38 von einem dichten Material umgeben ist, so dass es auch beim Durchtrennen des äußeren Metallrohres 38

nicht zu einem Druckabfall im Inneren des Rohres 4 kommt. Nach dem vollständigen Durchtrennen der Rohrwandung des Rohres 4 an einer Umfangsposition, wird der Düsenkopf 10 in Bewegung gesetzt, wobei er eine Drehung um 360° ausführt. Die Drehbewegung wird derart langsam ausgeführt, dass der Schneidstrahl 14 stets die gesamte Wandstärke des Rohres 4 durchtrennt. Dies wird durch Überwachung der Sensorsignale der vier genannten Sensoren in Kombination überwacht. Die Drehgeschwindigkeit kann dabei von der Steuereinheit variiert werden. Beispielsweise kann die Drehgeschwindigkeit verlangsamt werden, wenn Bereiche mit dickerer Wandstärke erreicht werden. Ein nicht mehr vollständiges Durchschneiden der Rohrwandung wird wiederum aus Veränderung der Signale der Sensoren, insbesondere des Schwingungssignales des Hydrophons 30 und des Körperschallsensors 34 detektiert. Insbesondere ist eine automatische Regelung der Drehung bzw. Drehgeschwindigkeit des Düsenkopfes 10 in Abhängigkeit der erfassten Sensorsignale möglich. Die Drehbewegung bzw. Drehgeschwindigkeit wird dabei so geregelt, dass die Vorschubgeschwindigkeit so schnell wie möglich, aber so langsam wie nötig, um ein vollständiges Penetrieren der Rohrwandung sicherzustellen, durchgeführt wird. Das komplette Durchschneiden des Rohres kann wiederum insbesondere unter Zuhilfenahme des Beschleunigungssensors 36 erfasst werden. Wenn die Rohrwandung vollständig durchtrennt ist, kann es zu einer Bewegung des abgetrennten Teiles des Rohres 4, in welchem der Schneidkopf 2 fixiert ist, kommen, wobei diese Bewegung von dem Beschleunigungssensor 36 erfasst wird, da dieser über den Schneidkopf 2 mit dem Rohr 4 in fester Verbindung ist.

[0034] So kann durch die kombinatorische Auswertung der Sensorsignale eine zuverlässigere Detektion des vollständigen Durchschneidens der Rohrwandung erreicht werden.

Bezugszeichenliste

[0035]

2	Schneidkopf
4	Rohr
6	Druckleitung
8	Versorgungseinheit
10	Düsenkopf
12	Schneiddüse
14	Schneidstrahl
16, 18, 20	Anlageelement
22	hydraulischer Antrieb
24	Eingriffselement
26	Steuereinheit
28	Leitungsverbindung
30	Hydrophon
32	Drucksensor
34	Körperschallsensor
36	Beschleunigungssensor

38, 40, 42	Metallrohre
44	Beton
X	Längsachse

5

Patentansprüche

1. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage mit einem Schneidkopf (2), welcher eine Fixiereinrichtung (16, 18, 20) zum Fixieren des Schneidkopfes (2) an der zu schneidenden Wandung sowie einen an dem Schneidkopf (2) angeordneten Düsenkopf (10) aufweist, in welchem zumindest eine Schneiddüse (12) zum Ausbringen eines Schneidstrahls (14) angeordnet ist, und einer Schneidüberwachungseinrichtung (26), welche zumindest ein Hydrophon (30) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hydrophon an einer Außenseite des Schneidkopfes (2) derart angeordnet ist, dass es mit einer den Schneidkopf (2) umgebenden Flüssigkeit in Kontakt kommen kann, sowie die Schneidüberwachungseinrichtung (26) zumindest einen weiteren Sensor (32, 34, 36) aufweist, wobei die Schneidüberwachungseinrichtung (26) so ausgebildet ist, dass sie auf Grundlage der Sensorsignale des Hydrophons (30) und des zumindest einen weiteren Sensors ein vollständiges Penetrieren und/oder Durchtrennen der Wandung erkennt.
2. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schneidanlage zum Schneiden von Rohren ausgebildet ist und der Schneidkopf (2) zum Einsetzen in ein Rohr (4) oder zur Anordnung am Außenumfang des Rohres ausgebildet ist.
3. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Düsenkopf (10) an dem Schneidkopf (2) bewegbar und insbesondere drehbar angeordnet ist.
4. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine weitere Sensor zumindest ein Körperschallsensor (34) und/oder zumindest ein Beschleunigungssensor (36) und/oder zumindest ein Drucksensor (32) ist und dass ein vollständiges Penetrieren und/oder Durchtrennen einer Rohrwandung vorzugsweise auf Grundlage der Sensorsignale des Körperschallsensors (34), des Beschleunigungssensors (36), des Hydrophons (30) und des Drucksensors (32) erkannt wird.
5. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beschleunigungssensor (36) und der Körperschallsensor (34) als ein integrierter Körperschall-Beschleunigungs-

sensor ausgebildet sind.

6. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beschleunigungssensor (36) und der Körperschallsensor (34) an dem Schneidkopf (2) derart angeordnet sind, dass sie mit einer zu schneiden Wandung in eine schwingungsübertragende Verbindung, bevorzugt in direkte Anlage bringbar sind.
7. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beschleunigungssensor (36) und der Körperschallsensor (34) in einem Anlageelement (18) der Fixiereinrichtung, welches zur Anlage an der Wandung vorgesehen ist, angeordnet sind.
8. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beschleunigungssensor (36) ein 3D-Beschleunigungssensor ist.
9. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drucksensor (32) an dem Schneidkopf (2) derart angeordnet ist, dass er den Druck einer den Schneidkopf (2) umgebenden Flüssigkeit erfassen kann.
10. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fixiereinrichtung (16, 18, 20) drei über den Umfang des Schneidkopfes verteilte Anlageelemente (16, 18, 20) aufweist, welche zur Fixierung mit einer Rohrwandung in Anlage treten können, wobei vorzugsweise eines der Anlageelemente (16, 18, 20) in radialer Richtung bewegbar ist.
11. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei der Anlageelemente (16, 20) in radialer Richtung starr ausgebildet und vorzugsweise austauschbar an dem Schneidkopf befestigt sind.
12. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der Anlageelemente und vorzugsweise alle Anlageelemente (16, 18, 20) an einer zur Anlage an einer Rohrwandung vorgesehenen Oberfläche Eingriffsmittel (24) zum formschlüssigen Eingriff in die Rohrwandung aufweisen.
13. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schneidüberwachungseinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie ein Durchtrennen der Wandung, insbesondere eines Rohres (4) an einem Anstieg der von dem Beschleunigungssensor (36) detektierten

Beschleunigungen erkennt.

14. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schneidüberwachungseinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie an einer Veränderung des Sensorsignals des Hydrophons (30) erkennt, dass der Schneidstrahl (14) Abrasivmittel enthält.
15. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schneidüberwachungseinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie ein Durchstechen der Wandung an einer Verringerung des von dem Drucksensor (32) detektierten Druckes und/oder einer Veränderung des Sensorsignals des Körperschallsensors (34) erkennt.
16. Wasser-Abrasiv-Schneidanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schneidüberwachungseinrichtung derart mit einer Steuereinrichtung (26) zur Regelung eines Antriebes des Düsenkopfes (10) zusammenwirkt, dass eine Vorschubbewegung des Düsenkopfes (10) in Abhängigkeit eines Signals der Schneidüberwachungseinrichtung geregelt wird.

Claims

1. A water-abrasive cutting facility with a cutting head (2) which comprises a fixation device (16, 18, 20) for fixing the cutting head (2) on the wall to be cut, further comprising a nozzle head (10) which is arranged on the cutting head (2) and in which at least one cutting nozzle (12) for bringing out a cutting jet (14) is arranged, and with a cutting monitoring device (26) which comprises at least one hydrophone (30), **characterised in that** the hydrophone is arranged on an outer side of the cutting head (2) in a manner such that it can come into contact with a fluid which surrounds the cutting head (2), as well as the cutting monitoring device (26) comprising at least one further sensor (32, 34, 36), wherein the cutting monitoring device (26) is designed such that it detects a complete penetration and/or cutting-through of the wall on the basis of the sensor signals of the hydrophone (30) and of the at least one further sensor.
2. The water-abrasive cutting facility according to claim 1, **characterised in that** the cutting facility is designed for cutting pipes and the cutting head (2) is designed for insertion into a pipe (4) or for the arrangement on the outer circumference of the pipe.
3. The water-abrasive cutting facility according to claim 1 or 2, **characterised in that** the nozzle head (10) is movably and in particular rotatably arranged on

the cutting head (2).

4. The water-abrasive cutting facility according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the at least one further sensor is at least one structure-borne sound sensor (34) and/or at least one acceleration sensor (36) and/or at least one pressure sensor (32) and that a complete penetration and/or cutting-through of a pipe wall is preferably detected on the basis of the sensor signals of the structure-borne sound sensor (34), of the acceleration sensor (36), of the hydrophone (30) and of the pressure sensor (32).
5. The water-abrasive cutting facility according to claim 4, **characterised in that** the acceleration sensor (36) and the structure-borne sound sensor (34) are designed as an integrated structure-borne sound - acceleration sensor.
6. The water-abrasive cutting facility according to claim 4 or 5, **characterised in that** the acceleration sensor (36) and the structure-borne sound sensor (34) are arranged on the cutting head (2) in such a manner that they can be brought into a oscillation-transmitting communication, preferably in direct contact, with a wall to be cut.
7. The water-abrasive cutting facility according to one of claims 4 to 5, **characterised in that** the acceleration sensor (36) and the structure-borne sound sensor (34) are arranged in a contact element (18) of the fixation device, said contact element being provided for bearing on the wall.
8. The water-abrasive cutting facility according to any one of claims 4 to 6, **characterised in that** the acceleration sensor (36) is a 3D acceleration sensor.
9. The water-abrasive cutting facility according to any one of the claims 4 to 8, **characterised in that** the pressure sensor (32) is arranged on the cutting head (2) in such a manner that it can detect the pressure of a fluid which surrounds the cutting head (2).
10. The water-abrasive cutting facility according to any one of claims 3 to 9, **characterised in that** the fixation device (16, 18, 20) comprises three contact elements (16, 18, 20) which are distributed over the circumference of the cutting head and which for the fixation can come in contact with a pipe wall, wherein preferably one of the contact elements (16, 18, 20) is movable in the radial direction.
11. The water-abrasive cutting facility according to claim 10, **characterised in that** two of the contact elements (16, 20) are designed rigidly in the radial direction and are fastened to the cutting head, prefer-

ably in an exchangeable manner.

12. The water-abrasive cutting facility according to claim 10 or 11, **characterised in that** at least one of the contact elements and preferably all the contact elements (16, 18, 20) comprise engagement means (24) on a surface which is provided for contact on a pipe wall, for the positive engagement into the pipe wall.
13. The water-abrasive cutting facility according to any one of claims 4 to 12, **characterised in that** the cutting monitoring device is designed in such a manner that it detects a cutting-through of the wall, in particular of a pipe (4), from an increase in the accelerations detected by the acceleration sensor (36).
14. The water-abrasive cutting facility according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cutting monitoring device is designed in such a manner that it detects that the cutting jet (14) contains abrasive agent from a change in the sensor signal of the hydrophone (30).
15. The water-abrasive cutting facility according to any one of claims 4 to 14, **characterised in that** the cutting monitoring device is designed in such a manner that it detects a piercing of the wall from a reduction of the pressure which is detected by the pressure sensor (32) and/or from a change in the sensor signal of the structure-borne sound sensor (34).
16. The water-abrasive cutting facility according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cutting monitoring device interacts with a control device (26) for the closed-loop control of a drive of the nozzle head (10), in such a manner that an advance movement of the nozzle head (10) is closed-loop controlled in dependence on a signal of the cutting monitoring device.

Revendications

1. Équipement de découpe à l'eau abrasive, comprenant une tête de découpe (2) pourvue d'un dispositif de fixation (16, 18, 20) destiné à fixer la tête de découpe (2) sur la paroi à découper ainsi que d'une tête de buse (10) disposée sur la tête de découpe (2), dans laquelle est disposée au moins une buse de découpe (12) pour produire un jet de découpe (14), et un dispositif de contrôle de découpe (26) qui comporte au moins un hydrophone (30), **caractérisé en ce que** l'hydrophone est disposé sur une face externe de la tête de découpe (2) de façon à pouvoir venir en contact avec le fluide entourant la tête de découpe (2) et **en ce qu'il** comporte au moins un autre capteur (32, 34, 36), le dispositif de contrôle

de découpe (26) étant conçu de façon à détecter, sur la base des signaux de capteur de l'hydrophone (30) et dudit au moins un autre capteur, une pénétration et/ou sectionnement complet(s) de la paroi.

2. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'équipement de découpe est conçu pour la découpe de tubes et la tête de découpe (2) est conçue pour être insérée dans un tube (4) ou pour être agencée sur la périphérie externe du tube. 10
3. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la tête de buse (10) est disposée mobile et, en particulier, montée à rotation sur la tête de découpe (2). 15
4. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit au moins un autre capteur est au moins un capteur de bruit de structure (34) et/ou au moins un capteur d'accélération (36) et/ou au moins un capteur de pression (32) et **en ce qu'une** pénétration et/ou sectionnement complet(s) d'une paroi de tube est (sont) détecté(e)(s) de préférence sur la base des signaux de capteur du capteur de bruit de structure (34), du capteur d'accélération (36), de l'hydrophone (30) et du capteur de pression (32). 20 25
5. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le capteur d'accélération (36) et le capteur de bruit de structure (34) sont conçus sous la forme d'un capteur bruit de structure-accélération intégré. 30
6. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le capteur d'accélération (36) et le capteur de bruit de structure (34) sont disposés sur la tête de découpe (2) de façon à pouvoir être amenés en liaison de transmission de vibrations avec une paroi à découper, de préférence en appui direct contre celle-ci. 35 40
7. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon l'une des revendications 4 à 5, **caractérisé en ce que** le capteur d'accélération (36) et le capteur de bruit de structure (34) sont disposés dans un élément d'appui (18) du dispositif de fixation, lequel est prévu pour prendre appui contre la paroi. 45
8. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** le capteur d'accélération (36) est un capteur d'accélération 3D. 50
9. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon l'une des revendications 4 à 8, **caractérisé en ce que** le capteur de pression (32) est disposé sur la tête de 55

découpe (2) de façon à pouvoir détecter la pression d'un fluide entourant la tête de découpe (2).

10. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon l'une des revendications 3 à 9, **caractérisé en ce que** le dispositif de fixation (16, 18, 20) comprend trois éléments d'appui (16, 18, 20) répartis sur la périphérie de la tête de découpe, qui peuvent entrer en contact pour fixation avec une paroi de tube, de préférence l'un des éléments d'appui (16, 18, 20) étant déplaçable en direction radiale. 5
11. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** deux des éléments d'appui (16, 20) sont réalisés de manière rigide en direction radiale et sont fixés, de préférence, de manière interchangeable sur la tête de découpe. 10
12. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce qu'au** moins l'un des éléments d'appui et de préférence tous les éléments d'appui (16, 18, 20) présentent, sur une surface prévue pour être en appui contre une paroi de tube, des moyens de prise (24) pour s'engager par complémentarité de forme dans la paroi de tube. 15 20
13. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon l'une des revendications 4 à 12, **caractérisé en ce que** le dispositif de contrôle de découpe est conçu de façon à reconnaître un sectionnement de la paroi, en particulier d'un tube (4), à une hausse des accélérations détectées par le capteur d'accélération (36). 25 30 35
14. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de contrôle de découpe est conçu de façon à reconnaître à une variation du signal de capteur de l'hydrophone (30) que le jet de découpe (14) contient des agents abrasifs. 40
15. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon l'une des revendications 4 à 14, **caractérisé en ce que** le dispositif de contrôle de découpe est conçu de façon à reconnaître un perçage de la paroi à une diminution de la pression détectée par le capteur de pression (32) et/ou à une variation du signal de capteur du capteur de bruit de structure (34). 45 50
16. Équipement de découpe à l'eau abrasive selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de contrôle de découpe coopère avec un dispositif de commande (26) pour la régulation d'un entraînement de la tête de buse (10) de manière à réguler un mouvement d'avance de la tête de buse (10) en fonction d'un signal du dispositif de 55

contrôle de découpe.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

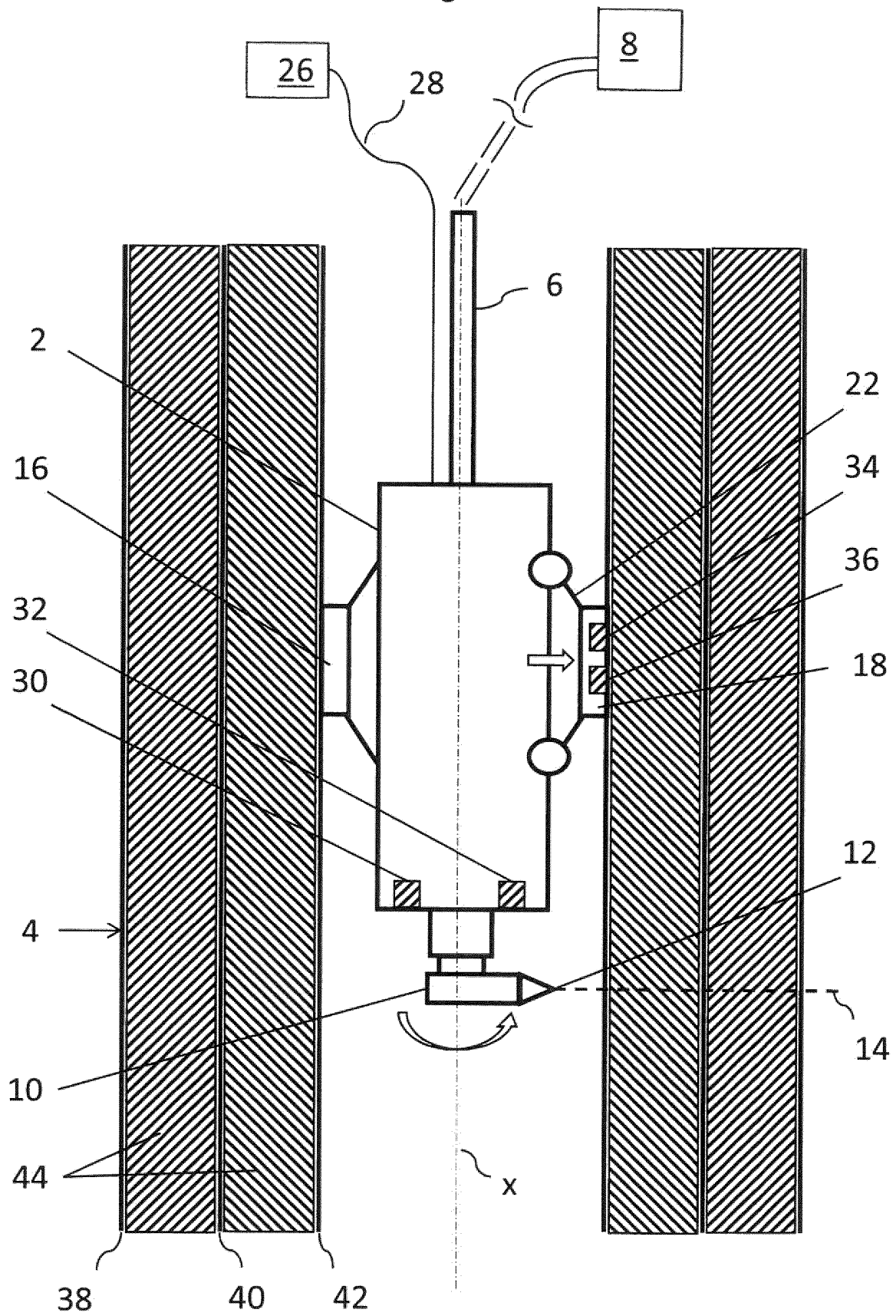


Fig. 2

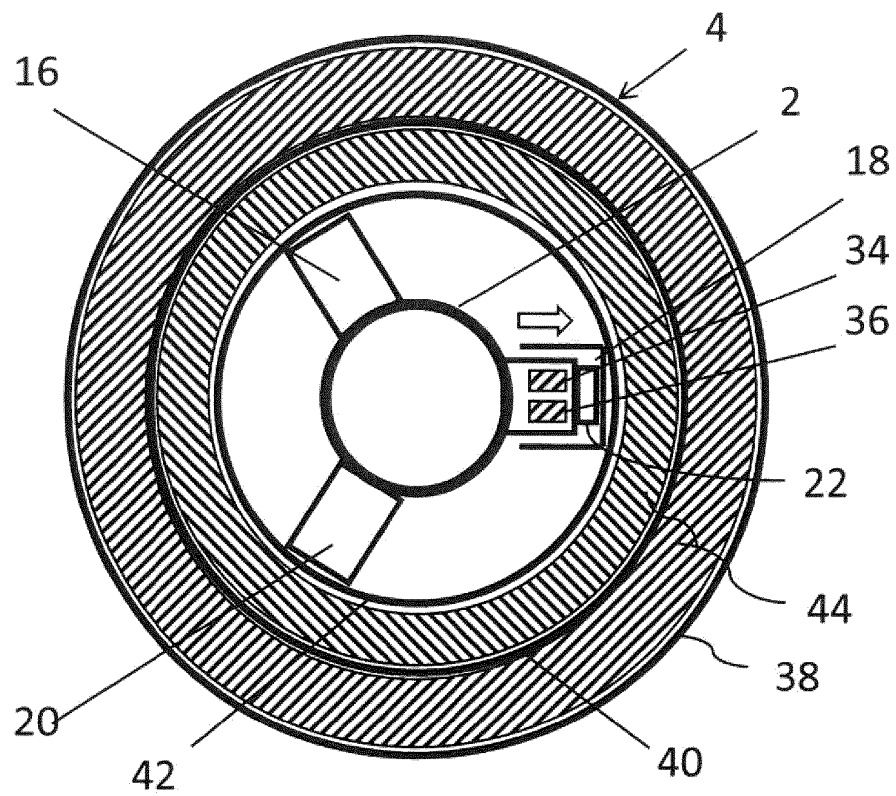
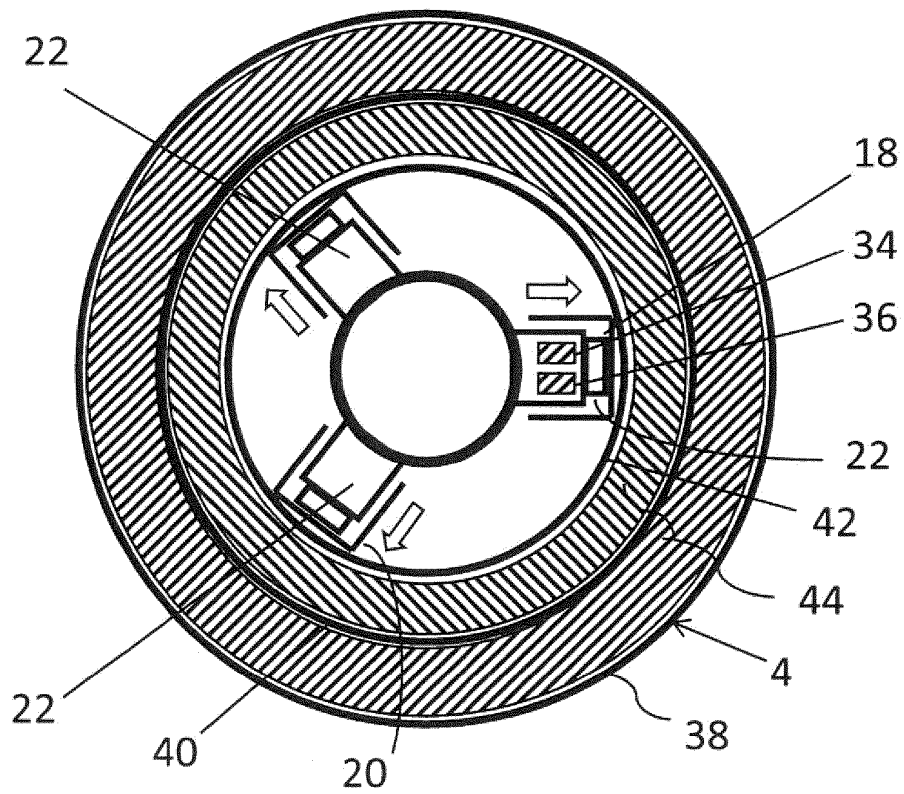
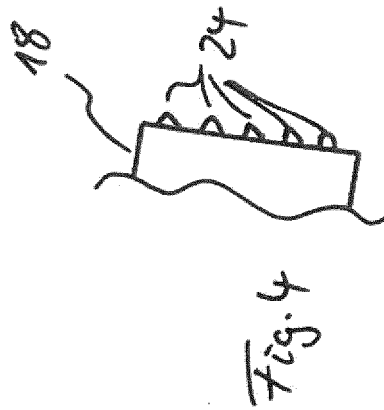


Fig. 3





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 102011052399 A1 [0003]