



(11) **EP 1 796 875 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**23.07.2008 Patentblatt 2008/30**

(51) Int Cl.:  
**B24C 5/04** <sup>(2006.01)</sup> **B24C 1/04** <sup>(2006.01)</sup>  
**C23C 16/00** <sup>(2006.01)</sup> **C23C 28/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **05769987.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/AT2005/000320**

(22) Anmeldetag: **09.08.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2006/017873 (23.02.2006 Gazette 2006/08)**

(54) **FOKUSSIERTDÜSE**

FOCUSSING NOZZLE

BUSE DE CONCENTRATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(73) Patentinhaber: **CERATIZIT Austria Gesellschaft m.b.H.**  
**6600 Reutte /Tirol (AT)**

(30) Priorität: **16.08.2004 AT 59104 U**

(72) Erfinder: **KÖSTERS, Rolf**  
**A-6600 Reutte (AT)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.06.2007 Patentblatt 2007/25**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 562 764 WO-A-98/15386**

**EP 1 796 875 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 Fokussierdüse für das Abrasivwasserstrahlschneiden bestehend aus einem Düsenkörper aus Hartmetall der von einer Bohrung zur Fokussierung des Schneidstrahles durchsetzt ist und wobei zumindest die Bohrungswandung mit einer ein- oder mehrlagigen Hartstoffbeschichtung versehen ist.

**[0002]** Derartige Fokussierdüsen sind Bestandteil von Schneidköpfen zum Abrasivwasserstrahlschneiden in denen der Schneidwasserstrahl und die zum Schneiden verwendeten Abrasivmittel wie Korund oder Sand in einer Mischkammer gemischt werden um die Schneidwirkung des Schneidwasserstrahls zu vergrößern. Die Fokussierdüsen dienen zur Beschleunigung und Zentrierung des Wasserstrahls und des gleichzeitig zugeführten Abrasivmittels. Zur besseren Einmischung des Abrasivmittels in den Wasserstrahl sind die Fokussierdüsen an der Einlassseite in der Regel trichterförmig erweitert, die daran anschließende, die Fokussierdüse durchsetzende Bohrung weist einen Durchmesser im Bereich von etwa 0,2 - 1,5 mm auf. Trotz der Umhüllung des Abrasivmittels mit dem Wasserstrahl sind die Fokussierdüsen einem sehr starken Verschleiß unterworfen. Bei zu starkem Verschleiß der Bohrungswandung ist die Zentrierwirkung nicht mehr ausreichend und die Düse muss gewechselt werden. Da jeder Düsenwechsel mit einer längeren und damit teuren Unterbrechung des Arbeitsablaufes verbunden ist wurden in der Vergangenheit erhebliche Anstrengungen unternommen die Standzeit derartiger Fokussierdüsen möglichst weitgehend zu vergrößern. So wurden für derartige Fokussierdüsen vielfach hochverschleißfeste Hartmetalllegierungen auf Wolframcarbidgebasis mit sehr geringen Bindemetallanteilen oder auch keramische Werkstoffe eingesetzt. Aber auch bei Verwendung dieser hochwertigen Werkstoffe waren die erreichbaren Standzeiten nicht ausreichend zufrieden stellend.

**[0003]** Zur weiteren Steigerung der Standzeit hat man daher versucht die Innenwandung der durchbohrten Zentrierdüse durch Hartstoffschichten vor übermäßigem Verschleiß zu schützen. Das Problem dabei ist, dass es schwierig ist die Innenwandungen dieser verhältnismäßig langen Bohrungen mit kleinem Durchmesser gleichmäßig mit einer schützenden Hartstoffschicht zu versehen.

**[0004]** So beschreibt beispielsweise die WO 98/15386 eine Fokussierdüse die auf der Innenwandung mit einer verschleißfesten diamantartigen Schicht aus amorphem Kohlenstoff (DLC) versehen ist. Das Aufbringen der Schicht erfolgt mittels eines Laser-ARC-Beschichtungsverfahrens wobei im Vakuum ein hochaktiviertes Plasma mittels einer gepulsten, Lichtbogenentladung zwischen einer Quelle aus dem Beschichtungsmaterial und der zu beschichtenden Düse hergestellt werden muss. Die zu beschichtende Oberfläche muss dazu frei zugänglich sein, so dass man die Fokussierdüse zur Beschichtung der Bohrungswandung in mehrere Segmente unterteilen

und diese Segmente nach erfolgter Beschichtung wieder dicht zusammensetzen muss was mit erheblichem Aufwand verbunden ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher die Innenwandung einer Fokussierdüse aus Hartmetall mit einer Beschichtung zu versehen die ausreichend verschleißfest ist und gleichzeitig leicht ohne aufwendige Segmentierung der Düse aufgebracht werden kann.

**[0005]** Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass die Hartstoffbeschichtung zumindest an der freien Oberfläche eine Schicht mit Titanitridanteil aufweist. Dass durch die Verwendung einer derartigen Beschichtung als Hartstoffschicht eine wesentliche Verbesserung der Verschleißbeständigkeit bei Fokussierdüsen erreicht wird war nicht zu erwarten, da die Härten der an der Oberfläche liegenden Schicht mit Titanitridanteil kaum höher sind als die Härte des verwendeten Hartmetallgrundmaterials und deutlich geringer sind als die Härte einer diamantartigen Schicht (DLC) die bereits zur Beschichtung derartiger Fokussierdüsen entsprechend dem eingangs beschriebenen Stand der Technik eingesetzt wird. Die erfindungsgemäße Beschichtung kann ein- oder mehrlagig auch unter Aufbringung anderer Hartstoffschichten hergestellt werden, wichtig ist nur, dass die an der Oberfläche liegende Schicht einen Titanitridanteil aufweist. Neben reinem Titanitrid für diese Oberflächenschicht sind beispielsweise auch Titankarbonitrid oder Titanoxikarbonitrid denkbar.

Mit der erfindungsgemäßen Beschichtung wird zwar die Härte bekannter DLC-Schichten nicht ganz erreicht, dafür ist die Aufbringung der erfindungsgemäßen Beschichtung problemlos durch CVD-Verfahren möglich. Bei diesem Beschichtungsverfahren können die Reaktionsgase gezielt durch die Bohrung der Fokussierdüse geleitet werden, so dass die aufwendige mehrfache Segmentierung des Düsenkörpers entsprechend dem Stand der Technik vermieden werden kann. Die Standzeiterhöhung von Fokussierdüsen mit der erfindungsgemäßen Beschichtung gegenüber Fokussierdüsen aus unbeschichtetem Hartmetall ist überragend und reicht bis zu einer Verdoppelung der Standzeit.

**[0006]** Der wegen der geringen Härteunterschiede zwischen Grundmaterial und Beschichtung überragende standzeiterhöhende Effekt ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass es bei Fokussierdüsen aus unbeschichtetem Hartmetall durch die nassen Betriebsbedingungen verstärkt durch z.T. vorliegende niedrige pH-Werte, zu einer Oberflächenkorrosion kommt, welche eine Auslösung des Bindemetalls aus der Hartmetalllegierung bewirkt. Das verbleibende oberflächliche Hartstoffskelett weist gegenüber einer vollständig mit Bindemetall gebundenen Hartmetalllegierung eine deutlich geringere Abrasionsbeständigkeit auf. Durch die erfindungsgemäße Beschichtung wird eine Oberflächenkorrosion und damit eine Bindemittelauslösung weitgehend verhindert. Selbst wenn mit Strahlmitteln gearbeitet wird, bei denen es auf Grund eines hohen pH-Wertes zu keiner wesentlichen Bindemetallauslö-

sung kommt kann durch die erfindungsgemäße Beschichtung eine deutliche Verbesserung der Standzeit festgestellt werden, was auf den zusätzlichen Glättungseffekt der Beschichtung vor allem im Bereich unmittelbar hinter dem Eintrittskonus der Fokussierdüse zurückzuführen ist. Durch die glattere Oberfläche in diesem Bereich beruhigt sich die inkohärente Strahlzone deutlich schneller, wodurch der Verschleiß stark verringert wird.

[0007] Als besonders günstig hat es sich erwiesen die Hartstoffbeschichtung als eine einlagige Titanitrid- oder Titankarbonitridschicht auszuführen.

Die zweckmäßigsten Schichtstärken für die Hartstoffbeschichtung liegen im Bereich von 1-15  $\mu\text{m}$ .

Die Aufbringung von Schichten mit Titanitridanteil lässt sich besonders gut über CVD (chemical vapour deposition) Verfahren realisieren. Diese Verfahren bieten den großen Vorteil, dass die Reaktionsgase leicht geführt werden können, so dass sich die damit hergestellten Hartstoffschichten auch an schwer zugänglichen Stellen abscheiden lassen und daher auch die Innenwandungen der engen Bohrungen der Fokussierdüsen problemlos beschichtet werden können.

Als Grundmaterial für die Fokussierdüse hat sich ein Hartmetall mit bis zu 1,5 Gew % Kobalt als Bindemetall, bis zu 3 Gew % Mischkarbiden, und Wolframkarbid mit einer Korngröße von weniger als 0,4  $\mu\text{m}$  als Rest, bewährt.

[0008] Im folgenden wird die Erfindung an Hand von Beispielen näher erläutert.

#### Beispiel 1

[0009] Aus einer Hartmetalllegierung mit 1 Gew % Kobalt als Bindemetall und Wolframkarbid mit 0,2  $\mu\text{m}$  mittlerer Korngröße als Rest, wurden Fokussierdüsen mit 76 mm Länge, 9 mm Außendurchmesser und 0,7 mm Bohrungsdurchmesser durch Strangpressen und Sintern hergestellt. Die Fokussierdüsen wiesen eine Härte von 2550 HV<sub>10</sub> auf. Anschließend wurde ein Teil der Fokussierdüsen an der Oberfläche einschließlich der Bohrungswandung mit einem Mitteltemperatur CVD-Verfahren mit einer 6,5  $\mu\text{m}$  starken TiN - Schicht beschichtet. Die Schichthärte betrug etwa 2450 HV 01. Die Fokussierdüsen wiesen eine goldgelbe Färbung auf. In einem Vergleichstest wurde ein Teil der erfindungsgemäß beschichteten Fokussierdüsen mit unbeschichteten Referenzdüsen unter praxisnahen Bedingungen zum Wasserstrahlschneiden eingesetzt. Der Wasserdruck betrug 2250 bar, bei einem pH-Wert des Wassers von 6,1. Als Abrasivmittel wurde Sand mit einer mittleren Korngröße von 260  $\mu\text{m}$  und einer Zufuhrmenge von 9 g/s verwendet. Als Ergebnis wurden Standzeiterhöhungen der beschichteten Fokussierdüsen gegenüber den unbeschichteten Fokussierdüsen im Bereich von Faktor 1,8 bis 2,1 festgestellt.

#### Beispiel 2

[0010] Fokussierdüsen wurden entsprechend Beispiel 1 hergestellt. Ein Teil dieser Fokussierdüsen wurde an der Oberfläche einschließlich der Bohrungswandung mit einem Mitteltemperatur CVD-Verfahren mit einer zweilagigen Hartstoffbeschichtung aus einer 8  $\mu\text{m}$  starken TiCN-Schicht und einer 4  $\mu\text{m}$  starken TiN-Schicht versehen, wobei die oberste Lage der Beschichtung die TiN-Schicht war. Die Härte der Beschichtung lag bei ca. 2450 HV<sub>01</sub>.

Im Vergleichstest der erfindungsgemäß beschichteten Fokussierdüsen und der unbeschichteten Referenzdüsen beim Wasserstrahlschneiden betrug der Wasserdruck 2250 bar, der pH-Wert des Wassers lag bei 7,3. Als Abrasivmittel wurde wiederum Sand mit einer Korngröße von 260  $\mu\text{m}$  und einer Zufuhrmenge von 9 g/s eingesetzt. Als Ergebnis wurden Standzeiterhöhungen der erfindungsgemäß beschichteten Fokussierdüsen gegenüber den unbeschichteten Referenzdüsen im Bereich von Faktor 1,3 bis 1,6 festgestellt.

#### Patentansprüche

1. Fokussierdüse für das Abrasivwasserstrahlschneiden bestehend aus einem Düsenkörper aus Hartmetall, der von einer Bohrung zur Fokussierung des Schneidstrahles durchsetzt ist und wobei zumindest die Bohrungswandung mit einer ein- oder mehrlagigen Hartstoffbeschichtung versehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hartstoffbeschichtung zumindest an der freien Oberfläche eine Schicht mit Titanitridanteil aufweist.
2. Fokussierdüse für das Abrasivwasserstrahlschneiden nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hartstoffbeschichtung als einlagige Titanitrid- oder Titankarbonitridschicht ausgeführt ist.
3. Fokussierdüse für das Abrasivwasserstrahlschneiden nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichtstärke der Hartstoffbeschichtung im Bereich von 1 bis 15  $\mu\text{m}$  liegt.
4. Fokussierdüse für das Abrasivwasserstrahlschneiden nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht mittels CVD-Verfahren aufgebracht wird.
5. Fokussierdüse für das Abrasivwasserstrahlschneiden nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hartmetall für den Grundkörper aus bis zu 1,5 Gew % Kobalt als Bindemetall, bis zu 3 Gew % Mischkarbiden, und Wolframkarbid mit einer Korngröße von weniger als 0,4  $\mu\text{m}$  als Rest, besteht.

**Claims**

1. Focusing nozzle for abrasive water-jet cutting, consisting of a nozzle body made of hard metal, said nozzle body being penetrated by a bore for focusing the cutting jet, and at least the bore wall being provided with a single-ply or multi-ply coating of hard material,  
**characterised in that**  
the coating of hard material exhibits a layer having a content of titanium nitride at least on its free surface.
2. Focusing nozzle for abrasive water-jet cutting according to Claim 1, **characterised in that** the coating of hard material is realised in the form of a single-ply layer of titanium nitride or titanium carbonitride.
3. Focusing nozzle for abrasive water-jet cutting according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the layer thickness of the coating of hard material lies within the range from 1  $\mu\text{m}$  to 15  $\mu\text{m}$ .
4. Focusing nozzle for abrasive water-jet cutting according to one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the layer is applied by means of CVD processes.
5. Focusing nozzle for abrasive water-jet cutting according to one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the hard metal for the body consists of up to 1.5 wt.% cobalt as binding metal, up to 3 wt.% mixed carbides, and tungsten carbide with a grain size of less than 0.4  $\mu\text{m}$  as remainder.

de 1 à 15  $\mu\text{m}$ .

4. Buse de concentration pour la découpe par jet d'eau chargé d'abrasifs selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la couche est appliquée par un procédé de dépôt chimique en phase vapeur, ou CVD, initiales de Chemical vapor deposition.
5. Buse de concentration pour la découpe par jet d'eau chargé d'abrasifs selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le métal dur du corps de base peut contenir jusqu'à 1,5% en poids de cobalt comme métal liant, jusqu'à 3% en poids de carbures mixtes, et du carbure de tungstène d'une granulométrie inférieure à 0,4  $\mu\text{m}$  pour le solde.

**Revendications**

1. Buse de concentration pour la découpe par jet d'eau chargé d'abrasifs, consistant en un corps de buse en métal dur qui est traversé, pour concentrer le jet de coupe, par un alésage dont au moins la paroi est pourvue d'un revêtement monocouche ou multicouche de matière dure,  
**caractérisée en ce que**  
le revêtement de matière dure comporte, au moins sur la surface libre, une couche à teneur en nitrure de titane.
2. Buse de concentration pour la découpe par jet d'eau chargé d'abrasifs selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le revêtement de matière dure est réalisé sous la forme d'une couche de nitrure de titane ou de carbonitride de titane.
3. Buse de concentration pour la découpe par jet d'eau chargé d'abrasifs selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'épaisseur de couche du revêtement de matière dure est comprise dans la plage

**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 9815386 A [0004]