

(19)



(11)

EP 1 572 420 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.02.2008 Patentblatt 2008/09

(51) Int Cl.:
B24B 39/00 ^(2006.01) **B24B 31/116** ^(2006.01)
B23P 9/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03788869.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/004063

(22) Anmeldetag: **10.12.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/056530 (08.07.2004 Gazette 2004/28)

(54) **VERFAHREN ZUM BEARBEITEN EINER KANTE EINES HOCHDRUCKFESTEN BAUTEILS, INSBESONDERE ZUM HYDRO-EROSIVEN VERRUNDEN EINER KANTE SOWIE UND VORRICHTUNG HIERZU**

METHOD FOR WORKING THE EDGE OF A HIGH PRESSURE-RESISTANT PART, ESPECIALLY FOR THE HYDRO-EROSIVE ROUNDING OF AN EDGE AND CORRESPONDING DEVICE

PROCEDES D'USINAGE D'UNE ARETE D'UN COMPOSANT RESISTANT AUX PRESSIONS ELEVEES, NOTAMMENT PROCEDES D'ARRONDISSEMENT HYDRO-EROSIF D'UNE ARETE, ET DISPOSITIF CORRESPONDANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **20.12.2002 DE 10260302**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.09.2005 Patentblatt 2005/37

(73) Patentinhaber: **Siemens VDO Automotive AG**
93056 Regensburg (DE)

(72) Erfinder:
• **SCHMIDT, Harald**
A-1100 Wien (AT)

• **AURICH, Stephan**
09221 Neukirchen (DE)
• **HAMANN, Christoph**
93107 Thalmassing (DE)
• **KRONBERGER, Maximilian**
93053 Regensburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 186 378 WO-A-01/32358
US-A- 5 054 247 US-A- 5 076 027
US-B1- 6 189 816

EP 1 572 420 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten einer Kante eines hochdruckfesten Bauteils, insbesondere einer Kante einer Bohrungsverschneidung eines hochdruckfesten Bauteils einer Kraftstoffeinspritzanlage, bei dem in einem Bearbeitungsschritt die Kante hydro-erosiv verrundet wird. Insbesondere betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zum hydroerosiven Verrunden einer Kante eines hochdruckfesten Bauteils, insbesondere einer Kante einer Bohrungsverschneidung eines hochdruckfesten Bauteils einer Kraftstoffeinspritzanlage, bei dem eine mit Schleifkörpern versetzte Flüssigkeit quer über die zu verrundende Kante im Bereich einer von einer ersten weiterführenden Bohrung zu einer abzweigenden zweiten Bohrung geführt wird.

[0002] Es ist allgemein bekannt, Verschneidungen von Bohrungen in hochdruckfesten Bauteilen, insbesondere Bauteilen von Kraftstoffeinspritzsystemen, zu verrunden, um etwaigen lokalen Spannungsspitzen entgegenzuwirken, die zu einer Bauteilermüdung oder -zerstörung führen können.

[0003] In einem auch unter Extrudhone bekannten Verrundungsverfahren wird eine mit Schleifpartikeln versetzte polymere Paste durch die Bohrungen gedrückt. Dabei werden Grate gebrochen und die Schnittkanten verrundet. Nachteilig sind hohe laufende Kosten wegen Kauf und Entsorgung der polymeren Schleifpaste sowie ein sehr kostenintensiver Reinigungs-Prozess, um die Schleifpaste aus dem Bauteil zu entfernen. Außerdem besteht bei Kraftstoffeinspritzsystemen die Gefahr des Verschleppens der Paste, beispielsweise stromabwärts zur Düse. Dies kann zum Verstopfen von Spritzlöchern in der Düse oder zum Verlust der Dichtfunktion der Düse im Bereich der Düsennadel führen und somit letztendlich zum einem Leistungsabfall, Ausfall des Motors oder gar zu einem Motorschaden.

[0004] Eine weitere im Stand der Technik allgemein bekannte Möglichkeit zur Verrundung von Kanten besteht darin, ein elektrochemisches Materialabtragsverfahren einzusetzen. Hier wird ebenfalls die Kante im Bereich der miteinander verschnittenen Bohrungen verrundet. Nachteilig ist hierbei besonders die dabei auftretende porenartige raue Oberfläche sowie die korrosive Schädigung der Korngrenzen des Werkstoffs, die im mikroskopischen Bereich zu Spannungsspitzen führen. Somit ist die erreichbare Drucksteigerung bei diesem Verfahren niedriger als beim Extrudhone-Verfahren.

[0005] Auch ist es bekannt, zur Erhöhung der Druckfestigkeit des Bauteils, eine Druckspannung in den Innenwänden der Bohrungen und Kanäle über Schleifen oder Honen einzubringen. Nach dem Schleifen oder Honen entstehen Druck-Eigenstressungen in der Innenwand der Bohrung oder dem inneren Bereich des Kanals.

[0006] Diese Druck-Eigenstressung ist der in Folge des hydraulischen Innendrucks entstehenden Zugspannung entgegen gerichtet.

[0007] Des Weiteren ist aus der deutschen Patentan-

meldung DE 199 53 131 A1 ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verrunden von Kanten in mechanisch, thermisch oder sonstig hoch beanspruchten Bauteilen bekannt. Als besonderes Anwendungsgebiet wird das Verrunden von Kanten an Verschneidungen von Kanälen in Hochdruckspeichern von Kraftstoffeinspritzsystemen genannt. In derart hoch beanspruchten Bauteilen treten im Bereich von Kanten aller Art Spannungsspitzen auf, die zu einem Bauteilversagen, insbesondere zu einem Bruch des Bauteils, führen können. Um das Bauteil hochdruckfest auszugestalten, werden dessen Kanten verrundet. Das Verrunden erfolgt über das Überströmen der zu verrundenden Kante mit einer erosiven Flüssigkeit, die von einer Förderpumpe durch das Bauteil gefördert wird. Im Bereich der Kante wird zur Erhöhung der erosiven Wirkung der Flüssigkeit deren Strömungsgeschwindigkeit über eine Querschnittsverjüngung erhöht. Über eine Einstellung des Förderdruckes kann die Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit und damit auch der Materialabtrag im Bereich der Kante beeinflusst werden. Die Förderdrücke liegen etwa im Bereich von 50 bar bis 140 bar. Außerdem wird allgemein ohne nähere Angaben hierüber angeführt, dass die Haupt-Strömungsrichtung der Flüssigkeit und die Längsachse der zu verrundenden Kante vorzugsweise einen Winkel von 90° einschließen. Für eine Verrundung des kantenartigen Übergangs eines Düsennadelsitzes und einer anschließenden Vorkammer zu den Einspritzlöchern einer Einspritzdüse wird dort beschrieben, einen konischen Körper in den Bereich des Düsennadelsitzes der sacklochartigen Einspritzdüse so einzuführen, dass im Bereich der Kante ein Ringspalt entsteht. Dieser Ringspalt dient dazu die gewünschte Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit im Bereich der zu verrundenden Kante zu erreichen.

[0008] Auch ist bereits aus dem deutschen Patent DE 199 14 719 C2 eine weitere Vorrichtung zum hydro-erosiven Verrunden einer Einlaufkante eines Spritzloches in einer Einspritzdüse für Kraftstoff bekannt. Im Gegensatz zu der zuvor beschriebenen Verrundungsvorrichtung mit einem konischen Strömungskörper zur Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit der erosiven Flüssigkeit ist hier ein Strömungskörper vorgesehen, der der Form einer Düsennadel nachempfunden ist. Zusätzlich können in der Außenwand der Spitze des düsennadelförmigen Strömungskörpers in deren Längsrichtung verlaufende Leitnuten eingearbeitet sein, über die die abrasiven Schleifkörper der erosiven Flüssigkeit gezielt auf den oberen Bereich der Einlaufkante des Spritzloches geleitet werden können. Hierdurch soll eine verstärkte Verrundung in diesem Bereich erzielt werden, die dann zu einer höheren Kraftstoff-Durchflussgeschwindigkeit führen soll.

[0009] Aus der WO 0132358 ist ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Bearbeiten einer Kante eines hochdruckfesten Bauteils, insbesondere einer Kante einer Bohrungsverschneidung eines hochdruckfesten

Bauteils einer Kraftstoffeinspritzanlage zu schaffen, mit denen jeweils eine Optimierung des Verrundungsergebnisses und somit eine Optimierung der Hochdruckfestigkeit des Bauteils erreicht wird.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Bearbeiten einer Kante eines hochdruckfesten Bauteils mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. In den Unteransprüchen 2 bis 6 sind vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens angegeben.

[0012] Erfindungsgemäß wird bei einem Verfahren zum Bearbeiten einer Kante eines hochdruckfesten Bauteils, insbesondere einer Kante einer Bohrungsver Schneidung eines hochdruckfesten Bauteils einer Kraftstoffeinspritzanlage, bei dem in einem Bearbeitungsschritt die Kante hydro-erosiv verrundet wird, eine weitere Verbesserung der Hochdruckfestigkeit des Bauteils dadurch erreicht, dass vor dem Bearbeitungsschritt des hydro-erosiven Verrundens die Kante und die an die Kante angrenzenden Flächen des hochdruckfesten Bauteiles jeweils im Bereich ihrer Oberfläche mittels eines Schleif- und/oder Honverfahrens unter Druckspannungen gesetzt werden. In Folge der Schleif- und/oder Honbearbeitung entsteht an der Kante ein mehr oder weniger ausgeprägter Grat. Der Kern der vorliegenden Erfindung liegt in der Kombination des Bearbeitungsschrittes des Schleifens und/oder Honens zur Erzeugung von Druckspannungen in der Kante und der angrenzenden Oberfläche des hochdruckfesten Bauteils mit dem anschließenden Bearbeitungsschritt des hydroerosiven Verrundens. Der angestrebte Grad der Verrundung entspricht dem Festigkeitsoptimum. Die erzeugten Druckspannungen in der Kante und in der angrenzenden Oberfläche des hochdruckfesten Bauteils sind in vorteilhafter Weise den Zugspannungen, die durch dem unter Hochdruck stehenden Kraftstoff erzeugt werden, entgegengerichtet. Durch das hydro-erosive Verrunden der Kante wird die Kante entgratet und geglättet und somit der für Grate und scharfe Kanten typische dreiachsige Spannungszustand entschärft.

[0013] Um die Hochdruckfestigkeit des hochdruckfesten Bauteils hinreichend erhöhen zu können, werden die Kante und die an die Kante angrenzenden Flächen, vorzugsweise Zylinderflächen von Bohrungen, des hochdruckfesten Bauteiles jeweils im Bereich ihrer Oberfläche mittels des Schleif- und/oder Honverfahrens unter Druckspannungen in einem Bereich von 500 N/mm² bis 1500 N/mm² gesetzt.

[0014] Mit dem Ziel, die in die Oberfläche der Kante und der an die Kante angrenzenden Flächen des hochdruckfesten Bauteils, die mit der Druckflüssigkeit, insbesondere dem Kraftstoff, in Kontakt treten, mittels des Schleif- und/oder Honverfahrens eingebrachten Druckspannungen soweit wie möglich zu erhalten, wird in dem Bearbeitungsschritt des hydro-erosiven Verrundens die Kante nur soweit gerundet, dass maximal im Bereich von 10 µm bis 50 µm abgetragen wird, so dass Druckspannungen von mindestens 200 N/mm² erhalten bleiben. Dies entspricht in etwa Rundungsradien von 30 µm bis

170 µm.

[0015] In konstruktiv bevorzugter Ausgestaltung ist ein verschluselement in die weiterführende erste Bohrung in Haupt-Strömungsrichtung der mit Schleifkörpern versetzten Flüssigkeit gesehen hinter der abzweigenden zweiten Bohrung in einem Abstand von etwa 0,5 mm bis 10 mm eingesetzt. Hierdurch wird eine optimale Verrundung der Einström- und der Gegenkante erreicht.

[0016] Eine weitere Verbesserung des Verrundungsergebnisses wird dadurch erreicht, dass mindestens ein Mal, vorzugsweise mehrfach, die Haupt-Strömungsrichtung der mit Schleifkörpern versetzten Flüssigkeit in der ersten Bohrung gewechselt wird. Durch den erfindungsgemäßen Wechsel wird die Haupt-Strömungsrichtung umgekehrt und somit die Einströmkante zur Gegenkante und die Gegenkante zur Einströmkante. Somit können etwaig vorhandene Unterschiede in den Verrundungsgraden an der Gegenkante und an der Einströmkante ausgeglichen werden.

[0017] Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung an Hand von einem in einer Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel näher erläutert. Die einzige Figur zeigt eine schematische Schnittansicht eines Ausschnitts eines hochdruckfesten Bauteils 1 eines Kraftstoffeinspritzsystems, wie beispielsweise einer Einspritzdüse, eines Injektorkörpers, eines Schmiederails, eines Schweissrails, einer Verdrängereinheit einer Common-Rail-Hochdruckpumpe oder dem Hochdruckbereich einer Common-Rail-Hochdruckpumpe.

[0018] Das Bauteil 1 weist einen Hauptkanal und einen Abzweigkanal auf, die in Form einer ersten zylinderförmigen Bohrung 2 und einer zweiten zylinderförmigen Bohrung 3 ausgebildet sind. Die zweite Bohrung 3 zweigt im Bereich der Innenwand 4 der ersten Bohrung 2 von der ersten Bohrung 2 ab. In dem Bereich, in dem sich die Bohrungen 2 und 3 somit verschneiden, ist in dem Bauteil 1 eine umlaufende Kante 5 ausgebildet, die nach Fertigung der Bohrungen 2 und 3 scharfkantig ist. Die Längsachsen L₁ der beiden Bohrungen 2 und 3 verlaufen in der dargestellten bevorzugten Ausführungsform in einem rechten Winkel zueinander und der dadurch entstehende Abzweigungsbereich ist T-förmig.

[0019] Nachdem die Bohrungen 2, 3 in das Bauteil 1 gebohrt worden sind, werden deren Innenwände 4, 6 und die Kante 5 mit einem Schleifverfahren beziehungsweise Honverfahren nachbearbeitet. Durch diese Nachbearbeitung werden in die Oberflächen der Innenwände 4, 6 und der Kante 5 Druckspannungen eingebracht, die dem später in den Bohrungen 2, 3 unter hohem Druck geführten Fluid, insbesondere Kraftstoff, entgegengerichtet sind. Diese Druckspannungen haben im Bereich der Oberfläche der Innenwände 4, 6 Werte bis zu 1000 N/mm²; in einer Tiefe von etwa 0,1 mm unterhalb der Oberfläche der Innenwände 4, 6 liegen diese Druckspannungen immerhin noch bei 700 N/mm².

[0020] In einem weiteren Bearbeitungsschritt wird die Kante 5 zur Erhöhung der Hochdruckfestigkeit des Bauteils 1 hydro-erosiv verrundet. Hierzu wird eine mit

Schleifkörpern 7 versetzte Flüssigkeit 8, vorzugsweise ein hochviskoses Schmieröl, mittels einer nicht dargestellten Förderpumpe in die erste Bohrung 2 eingeleitet und quer über die zu verrundende Kante 5 geführt. Unter quer wird hier jegliche Strömung unter einem Winkel zu der umlaufenden Kante verstanden. Um die erosive Wirkung der Flüssigkeit 8 mit den Schleifkörpern 7 im Bereich der Kante 5 zu erhöhen, wird - in Haupt-Strömungsrichtung S der Flüssigkeit 8 mit den Schleifkörpern 7 in der Bohrung 2 gesehen, die mit der Längsachse L der ersten Bohrung 2 zusammenfällt - die als Durchgangsbohrung oder zumindest in Bezug auf die abzweigende Bohrung 3 weiterführende Bohrung 2 durch ein in der einzigen Figur schematisch dargestelltes Verschlusselement 9 in Form eines eingeschobenen Stopfens druckdicht abgeschlossen. Der Abstand a der Verschlussfläche des Verschlusselements 9 zu der hinteren Gegenkante 11 der Bohrung 3 - gesehen in Haupt-Strömungsrichtung S bzw. in Richtung der Längsachse L der Bohrung 2 - beträgt etwa 0,5 bis 10 mm. Durch dieses Verschlusselement 9 wird die Strömung der Flüssigkeit 8 mit den Schleifkörpern 7 dahingehend verändert, dass sich im Bereich der Abstandes a der Bohrung 2 und somit vor dem Verschlusselement 9 eine Staudruckzone ausbildet, die in einem Umlenkbereich U vor dem Verschlusselement 9 zu einem Umlenken der Flüssigkeit 8 mit den Schleifkörpern 7 führt. Somit entsteht in dem Bereich der Bohrung 2 zwischen dem Verschlusselement 9 und der Bohrung 2 eine Rückströmung in der Richtung R, so dass die Kante 5 und die sich daran anschließende Bohrung 3 aus beiden Richtungen - der Haupt-Strömungsrichtung S und der Rückströmungsrichtung R - durchströmt wird. Im Ergebnis wird hierdurch eine besonders gleichmäßige Verrundung der umlaufenden Kante 5 erreicht. Die Rückströmungsrichtung R ist in dem Bereich, der an das Verschlusselement 9 angrenzt, der Hauptströmungsrichtung S entgegengerichtet und wird im Abzweigungsgebiet der zweiten Bohrung 3 in Richtung der Längsachse 1 der zweiten Bohrung 3 umgelenkt.

[0021] Insbesondere wird hierdurch erreicht, dass der Abschnitt der Kante 5, der dem Zulauf der Flüssigkeit 8 mit den Schleifkörpern 7 abgewandt beziehungsweise dem Abschlusselement 9 zugewandt ist - im folgenden als Gegenkante 11 bezeichnet - eine vorteilhaftere Umströmung als ohne das Verschlusselement 9 hat. Entsprechend werden gute Verrundungsergebnisse erreicht. Der als Einströmkante 10 bezeichnete Abschnitt der Kante 5, der dem Zulauf der Flüssigkeit 8 mit den Schleifkörpern 7 zugewandt beziehungsweise dem Abschlusselement 9 abgewandt ist, wird weiterhin ausreichend verrundet.

[0022] Gegenüber der im Stand der Technik üblichen Verfahrensweise, die zugeführte Flüssigkeit 8 mit den Schleifkörpern 7 nur zu einem Teil durch die Bohrung 3 abzuleiten, wird erfindungsgemäß auch bei hohen Vor- drücken - beispielsweise bedingt durch den Übergang einer 4 mm Bohrung 2 auf eine 2 mm Bohrung 3 - von etwa 50 bar eine sehr geringe Ablösung der Strömung

im Bereich der Gegenkante 11, erreicht, was mit einer fast idealen Verrundung mit tangentialen Übergängen von dem Radius r im Bereich der Kante 5 in die Bohrung 3 einhergeht. Bei der Lösung nach dem Stand der Technik werden die Gegenkante 11 auf Grund der Strömungsablösung nur gering und die Einströmkante 10 stark verrundet, so dass der Rand 5 in dessen Umlaufrichtung gesehen ungleichmäßig verrundet wird. Für die Reduktion der Spannung ist aber eine gleichmäßige Verrundung erforderlich, die mit der erfindungsgemäßen Verfahrensweise erreicht wird.

[0023] Ein noch optimaleres Verrundungsergebnis kann erreicht werden, wenn die Position des Verschlusselements 9 und somit des Zulaufs der Flüssigkeit 8 mit den Schleifkörpern 7 zumindest ein Mal gewechselt wird. Hierdurch kommt es aus zu einem Wechsel von Einströmkante 10 und Gegenkante 11. Ein mehrfacher Wechsel während des Verrundungsverfahrens führt zu einer weiteren Optimierung des Verrundungsergebnisses in Bezug auf die Gleichförmigkeit der Verrundung über die umlaufende Kante 5.

[0024] Im Zuge des hoch-erosiven Verrundens wird der dreiachsige Spannungszustand an der Kante 5 entschärft. Dabei wird jedoch darauf geachtet, dass der Wirkbereich der Druckspannung, die in dem vorhergehenden Bearbeitungsschritt des Schleifens oder Honens in den Innenwänden 4, 6 aufgebaut worden sind, nicht vollständig entfernt wird. Ausgehend von den vorgenannten Werten der Druckspannungen werden Verrundungen der Kanten 5 mit einem Radius r zwischen 30 µm und 170 µm, vorzugsweise 50 µm und 100 µm, durch das hydro-erosive Verrunden vorgenommen, so dass die Druckspannung in der Innenwand 4, 6 der Bohrungen 2, 3 im Bereich der Kante 5 noch über 200 N/mm², vorzugsweise über 700 N/mm², liegt. Entsprechend den vorgenannten Radien liegt der maximale Materialabtrag durch das hydro-erosive Verrunden im Bereich von 10 µm bis 50 µm, vorzugsweise 20 µm bis 40 µm.

[0025] Außerdem ist mit einer Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit eine Erhöhung der erosiven Wirkung der mit den Schleifkörpern 7 versetzten Flüssigkeit 8 verbunden. Das hydro-erosive Verrunden wird bei Drücken im Bereich von etwa 10 bar bis 500 bar durchgeführt.

[0026] Nach dem hydro-erosiven Schleifprozess im Bereich der Kante 5 verlässt die Flüssigkeit 8 mit den Schleifkörpern 7 das Bauteil 1 über die zweite Bohrung 3, dessen Ende mit einer nicht dargestellten Rückführung verbunden ist.

[0027] Des Weiteren ist aus der einzigen Figur ersichtlich, dass die Bohrung 2 einen Durchmesser D aufweist, der geringfügig größer ist als der Durchmesser d der abzweigenden Bohrung 3. Die Durchmesser D, d der Bohrungen liegen in üblicher Weise in einem Bereich von 0,5 mm bis 10 mm, vorzugsweise im Bereich von etwa 2 mm bis 4 mm.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten einer Kante eines hochdruckfesten Bauteils, insbesondere einer Kante einer Bohrungsverschneidung eines hochdruckfesten Bauteils einer Kraftstoffeinspritzanlage, bei dem in einem Bearbeitungsschritt die Kante hydro-erosiv verrundet wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Bearbeitungsschritt des hydro-erosiven Verrundens die Kante (5) und die an die Kante (5) angrenzenden Flächen (4, 6) des hochdruckfesten Bauteils (1) jeweils im Bereich ihrer Oberfläche mittels eines Schleif- und/oder Honverfahrens unter Druckspannungen gesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kante (5) und die an die Kante (5) angrenzenden Flächen (4, 6), vorzugsweise Zylinderflächen von Bohrungen (2, 3), des hochdruckfesten Bauteils (1) jeweils im Bereich ihrer Oberfläche mittels des Schleif- und/oder Honverfahrens unter Druckspannungen in einem Bereich von 500 N/mm² bis 1500 N/mm² gesetzt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Bearbeitungsschritt des hydro-erosiven Verrundens die Kante (5) abgerundet und hierdurch maximal im Bereich von 10 µm bis 50 µm abgetragen wird.
4. Verfahren zum hydro-erosiven Verrunden einer Kante eines hochdruckfesten Bauteils, insbesondere einer Kante einer Bohrungsverschneidung eines hochdruckfesten Bauteils einer Kraftstoffeinspritzanlage, bei dem eine mit Schleifkörpern versetzte Flüssigkeit quer über die zu verrundende Kante im Bereich einer von einer ersten weiterführenden Bohrung zu einer abzweigenden zweiten Bohrung geführt wird, unter Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Umlenkung der mit Schleifkörpern (7) versetzten Flüssigkeit (8) von der ersten weiterführenden Bohrung (2) in die zweite abzweigende Bohrung (3) in Haupt-Strömungsrichtung (S) der mit Schleifkörpern (7) versetzten Flüssigkeit (8) gesehen die erste Bohrung (2) hinter der abzweigenden zweiten Bohrung (3) mit einem Verschlusselement (9) verschlossen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die weiterführende erste Bohrung (2) in Haupt-Strömungsrichtung (S) der mit Schleifkörpern (7) versetzten Flüssigkeit (8) gesehen hinter der ab-

zweigenden zweiten Bohrung (3) in einem Abstand (a) von etwa 0,5 mm bis 10 mm zu der Kante (5) mit einem Verschlusselement (9) verschlossen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein Mal, vorzugsweise mehrfach, die Haupt-Strömungsrichtung (S) der mit Schleifkörpern (7) versetzten Flüssigkeit (8) in der ersten Bohrung (2) und entsprechend die Position des Verschlusselementes (9) gewechselt wird.

Claims

1. Method for machining an edge of a high pressure-resistant component, in particular an edge of a bore intersection of a high pressure-resistant component of a fuel injection system, in which the edge is hydro-erosively rounded in one machining step,
characterised in that
prior to the machining step of hydro-erosive rounding, the edge (5) and the surfaces (4, 6) of the high pressure-resistant component (1) which adjoin the edge (5) are each placed under compressive stresses in the region of their surface by means of a grinding and/or honing process.
2. Method according to claim 1,
characterised in that
the edge (5) and the surfaces (4, 6), preferably cylinder surfaces of bores (2, 3), of the high pressure-resistant component (1) which adjoin the edge (5) are each placed under compressive stresses in the range from 500 N/mm² to 1500 N/mm² in the region of their surface by means of the grinding and/or honing process.
3. Method according to claim 1 or 2,
characterised in that
the edge (5) is rounded during the machining step of hydro-erosive rounding, and as a result at most in the range from 10 µm to 50 µm of material is removed.
4. Method for hydro-erosively rounding an edge of a high pressure-resistant component, in particular an edge of a bore intersection of a high pressure-resistant component of a fuel injection system, in which a liquid mixed with abrasives passes transversely over the edge that is to be rounded in the region of a transition from a first continuing bore to a second bore, which branches off from the first bore, using the method according to one of claims 1 to 3,
characterised in that
the first bore (2) is closed off by a closure element (9) downstream of the second bore, which branches off from the first bore, as seen in the main direction

of flow (S) of the liquid (8) mixed with abrasives (7) in order to divert the liquid (8) mixed with abrasives (7) from the first continuing bore (2) into the second bore (3), which branches off from the first bore.

5. Method according to claim 4,
characterised in that
the continuing first bore (2) is closed off by a closure element (9) at a distance (a) of approximately 0.5 mm to 10 mm from the edge (5), downstream of the second bore, which branches off from the first bore, as seen in the main direction of flow (S) of the liquid (8) mixed with abrasives (7).
6. Method according to claim 4 or 5,
characterised in that
the main direction of flow (S) of the liquid (8) mixed with abrasives (7) in the first bore (2), and accordingly the position of the closure element (9), are changed at least once, preferably a number of times.

Revendications

1. Procédé d'usinage d'une arête d'une pièce résistante aux pressions élevées, en particulier d'une arête d'une intersection entre des perçages dans une pièce résistante aux pressions élevées d'un dispositif d'injection de carburant, dans lequel procédé l'arête est arrondie par hydro-érosion au cours d'une étape d'usinage,
caractérisé en ce que,
avant l'étape d'usinage par hydro-érosion de l'arrondi, l'arête (5) et les surfaces (4, 6) adjacentes à l'arête (5) de la pièce (1) résistante aux pressions élevées sont soumises respectivement à des contraintes de pression dans la zone de leur surface au moyen d'un procédé de meulage et/ou de rodage.
2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que l'arête (5) et les surfaces (4, 6) adjacentes à l'arête (5), de préférence des surfaces cylindriques des perçages (2, 3), de la pièce (1) résistante aux pressions élevées sont soumises dans la zone de leur surface respectivement à des contraintes de pression dans une plage de 500 N/mm² à 1 500 N/mm², au moyen du procédé de meulage et/ou de rodage.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que l'arête (5) est arrondie au cours de l'étape d'arrondissement par hydro-érosion et, de ce fait, l'enlèvement de matière se situe au maximum dans une plage de 10 µm à 50 µm.
4. Procédé d'arrondissement par hydro-érosion d'une arête d'une pièce résistante aux pressions élevées, en particulier d'une arête d'une intersection entre

des perçages dans une pièce résistante aux pressions élevées d'un dispositif d'injection de carburant, dans lequel procédé un liquide chargé de particules abrasives est guidé transversalement sur l'arête à arrondir dans une zone d'un premier perçage continu bifurquant dans un deuxième perçage de dérivation, étant utilisé comme procédé selon les revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que pour faire varier la direction du liquide (8) chargé de particules abrasives (7) depuis le premier perçage (2) continu vers le deuxième perçage (3) de dérivation, le premier perçage (2) est obturé par un élément d'obturation (9) en aval du deuxième perçage (3) de dérivation, par référence à la direction d'écoulement principale du liquide (8) chargé de particules abrasives (7).

5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que le premier perçage (2) continu est obturé par un élément d'obturation (9) à une distance (a) d'environ 0,5 mm à 10 mm par rapport à l'arête (5), en aval du deuxième perçage (3) de dérivation, par référence à la direction d'écoulement principale du liquide (8) chargé de particules abrasives (7).
6. Procédé selon la revendication 4 ou 5,
caractérisé en ce que l'on fait varier au moins une fois, de préférence plusieurs fois, la direction d'écoulement principale (S) du liquide (8) chargé de particules abrasives (7) dans le premier perçage (2), et, de manière correspondante, on change la position de l'élément d'obturation (9).

FIG 1

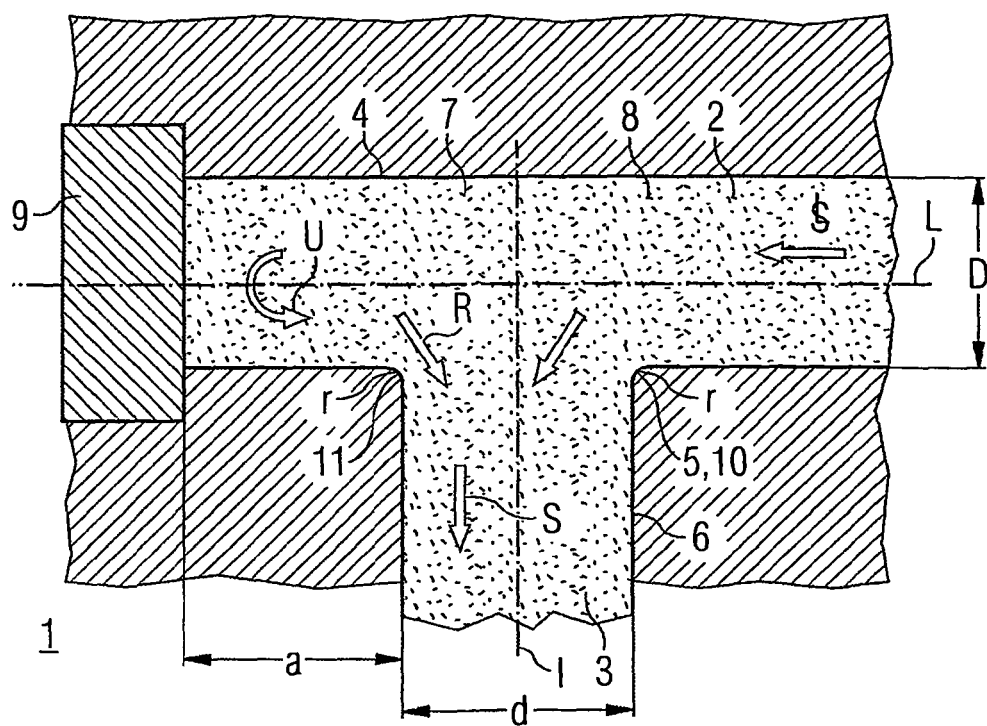
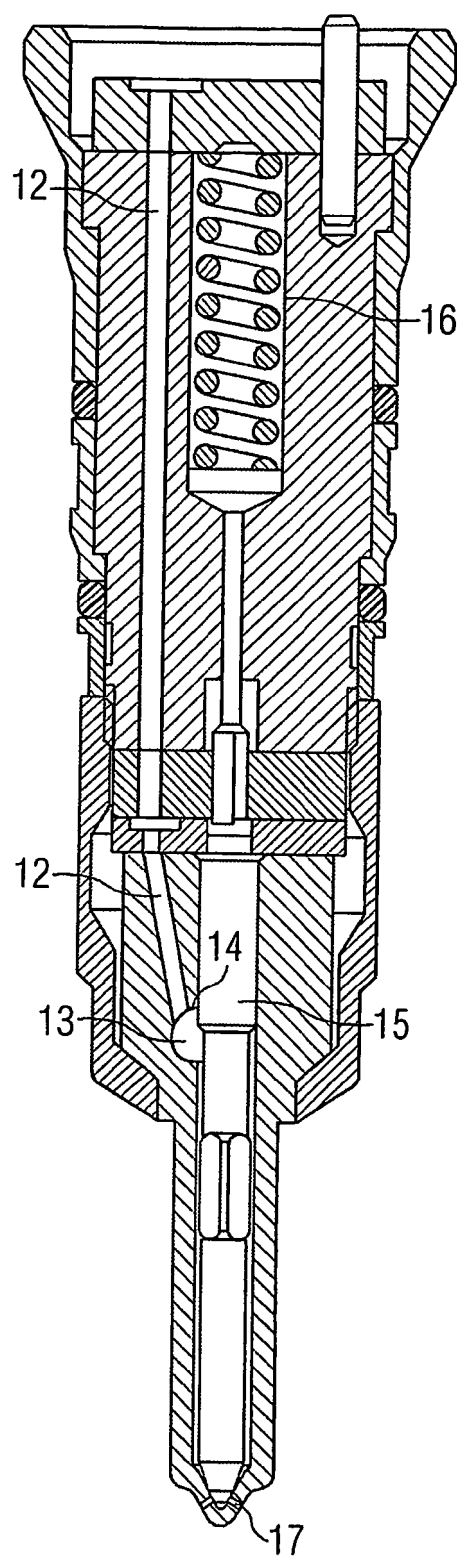


FIG 2



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 19953131 A1 [0007]
- DE 19914719 C2 [0008]
- WO 0132358 A [0009]