



(11) **EP 1 570 950 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.06.2007 Patentblatt 2007/24

(51) Int Cl.:
B24B 31/116^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04030162.4**

(22) Anmeldetag: **20.12.2004**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Bearbeiten eines Bauteils**

Method and device for machining a workpiece

Procédé et dispositif pour usiner une pièce

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

(30) Priorität: **04.03.2004 DE 102004010668**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.09.2005 Patentblatt 2005/36

(73) Patentinhaber: **Sonplas GmbH**
94315 Straubing (DE)

(72) Erfinder:
• **Schlagintweit, Andreas**
94315 Straubing (DE)

• **Weikenstorfer, Thomas**
93086 Wörth/Donau (DE)
• **Ludwig, Christian**
94405 Fichtheim (DE)

(74) Vertreter: **Wunderlich, Rainer et al**
Patentanwälte
Weber & Heim
Irmgardstrasse 3
81479 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 186 378

EP 1 570 950 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 und eine Vorrichtung zum Bearbeiten eines Bauteils, insbesondere eines Kraftstoff-Injektorkörpers, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw des Anspruchs 10. Solch ein Verfahren und Vorrichtung sind aus der PS EP-A-1 186 378 bekannt.

[0002] Injektorkörper für Einspritzventile für Kraftstoffspritzsysteme sind beispielsweise aus der DE 195 19 191 C2 bekannt. Derartige Injektorkörper weisen gewöhnlich eine Vielzahl von Kanälen zur Durchleitung von Kraftstoff mit einem Druck von bis zu 1800 bar oder darüber auf, die unter Ausbildung von Verschneidungszonen ineinander einmünden. Diese Verschneidungszonen oder -stellen bestimmen zu einem wesentlichen Teil die Hochdruckfestigkeit des Injektorkörpers. Zur Verringerung des Risikos einer vorzeitigen Bauteilermüdung ist insbesondere das Auftreten von Kanten und/oder Graten an den Verschneidungsstellen zu vermeiden. Dies gilt vor allem dann, wenn die Verschneidungsstellen an Laufflächen für bewegliche Bauteile, wie beispielsweise Kolben oder Düsennadeln, angeordnet sind. Zudem könnten sich Grate im Betrieb lösen und zu Blockierungen oder Verstopfungen in der Einspritzanlage führen. Es ist in vielen Fällen notwendig, die Verschneidungsstellen der Kanäle zu verrunden.

[0003] Aus der DE 100 15 875 C2 ist ein Verfahren zum abrasiven Bearbeiten von Durchflusskanälen eines Düselementes für Einspritzventile bekannt. Bei diesem bekannten Verfahren wird ein Abrasivmedium mit einer Trägerflüssigkeit und einem Tonmineral unter Materialabtragung durch die Durchflusskanäle geleitet.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bearbeiten eines Bauteils, insbesondere eines Kraftstoff-Injektorkörpers, anzugeben, mit denen Bauteile mit besonders hoher Hochdruckfestigkeit und Lebensdauer besonders schnell und zuverlässig hergestellt werden können.

[0005] Im Hinblick auf das Verfahren wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ein solches Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die Strömung abwechselnd einerseits zwischen der ersten Kanalseite und dem Querkanal und andererseits zwischen der zweiten Kanalseite und dem Querkanal eingestellt wird.

[0006] Ein Grundgedanke der Erfindung liegt darin, ein Abtragungsfluid durch den Längskanal und den Querkanal an der Verschneidungsstelle vorbeizuleiten, wodurch an dieser Material abgetragen und diese verrundet wird. Erfindungsgemäß wird die Strömung des Abtragungsfluids dabei im Querkanal und alternierend, d.h. wechselseitig, entweder in der ersten Kanalseite oder in der zweiten Kanalseite ausgebildet. Durch den erfindungsgemäßen Wechsel der durchströmten Kanalseite kann an der Verschneidungsstelle ein allseitig gleichmäßiger Materialabtrag und somit eine allseitig gleichmäßige Verrundung hergestellt werden, was zur Erhöhung der Hoch-

druckfestigkeit des Bauteils beiträgt. Gleichzeitig werden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren besonders hohe Abtragungsraten erzielt.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere geeignet zur Bearbeitung von metallischen Injektorkörpern, die bevorzugt bei piezo-gesteuerten Injektoren, geeigneterweise bei Piezo-Pumpe/Düse-Ventilen Verwendung finden können. Solche Injektoren oder Ventile können insbesondere für sogenannte Common-rail-Einspritzanlagen vorgesehen sein. Der Injektorkörper kann vorteilhafterweise für Einspritzdüsen ausgelegt sein, die zur Durchführung von mehreren, beispielsweise fünf bis sechs Einspritzungen pro Verbrennungstakt, d.h. für einen modulierten Einspritzvorgang vorgesehen sind. Besonders geeignet ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Verrundung von Verschneidungsstellen an Längskanälen, die zur Aufnahme eines Verschiebekörpers, insbesondere eines Kolbens oder einer Düsennadel, ausgebildet sind. Dieser Verschiebekörper kann Nuten aufweisen, die mit den Querkälen korrespondieren und die zur Modulation der Einspritzung über die Querkäle mit Druckmittel beaufschlagbar sind. Das Druckmittel, d.h. der Kraftstoff, kann insbesondere ein Dieselmotorkraftstoff oder ein Benzinkraftstoff sein. Sofern ein Verschiebekörper vorgesehen ist, kann eine erfindungsgemäße Verrundung der Verschneidungsstelle insbesondere zur Vermeidung einer Beschädigung des Verschiebekörpers notwendig sein. Die Spaltmaße des Verschiebekörpers betragen vorteilhafterweise einige μm .

[0008] Geeigneterweise wird das Verfahren zur Bearbeitung von Kanälen mit einem Durchmesser von einigen μm bis zu einigen mm verwendet. Grundsätzlich kann das Verfahren aber auch zur Bearbeitung von großvolumigen Bauteilen, wie beispielsweise Kraftstoffhochdruckspeichern, verwendet werden. Bevorzugt sind die Kanäle als Bohrungen ausgebildet.

[0009] Grundsätzlich kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Strömung des Abtragungsfluids sowohl vom Querkanal in den Längskanal als auch umgekehrt gerichtet vorgesehen werden. Auch eine alternierende Strömungsrichtung kann vorgesehen sein. Besonders bevorzugt ist es jedoch, dass die Strömung des Abtragungsfluids vom Längskanal in den Querkanal gerichtet eingestellt wird. Eine solche Strömungsführung, bei der das Abtragungsfluid in den Längskanal eingeleitet und aus dem Querkanal ausgeleitet wird, ermöglicht eine besonders schnelle Verrundung der Verschneidungsstelle bei gleichzeitig geringer Tendenz zur Fehlerstellenbildung.

[0010] Grundsätzlich ist es nach der Erfindung möglich, dass pro Bauteil die beiden Kanalseiten bei der Bearbeitung jeweils nur einziges Mal mit Abtragungsfluid durchströmt werden. Geeigneterweise wird die Kanalseite für die Strömung jedoch mehrfach, insbesondere periodisch gewechselt. Eine besonders geeignete Weiterbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Umschaltfrequenz für einen Wechsel der Kanalseiten 0,01 bis 2 Hz, insbesondere 0,05 bis 1 Hz beträgt.

Vorteilhafterweise erfolgt ein Wechsel der Kanalseiten für die Strömung kontinuierlich, d.h. ohne Unterbrechung der Strömung im Querkanal.

[0011] Grundsätzlich kann vorgesehen sein, dass eine erste Strömungsdauer für die Strömung zwischen der ersten Kanalseite und dem Querkanal gleich einer zweiten Strömungsdauer für die Strömung zwischen der zweiten Kanalseite und dem Querkanal ist. Hierdurch kann eine symmetrische Abtragung und Verrundung an der Verschneidungsstelle erreicht werden, was insbesondere dann von Vorteil ist, wenn der Querkanal im Wesentlichen rechtwinklig in den Längskanal mündet. Eine besonders geeignete Weiterbildung der Erfindung ist jedoch dadurch gekennzeichnet, dass sich die erste Strömungsdauer für die Strömung zwischen der ersten Kanalseite und dem Querkanal von der zweiten Strömungsdauer für die Strömung zwischen der zweiten Kanalseite und dem Querkanal unterscheidet. Eine derartige Verfahrensführung kann insbesondere dann von Vorteil sein, wenn der Querkanal schräg in den Längskanal mündet und/oder wenn eine asymmetrische Abtragung und Verrundung der Verschneidungsstelle bezüglich der beiden Kanalseiten erwünscht ist. Sofern die Kanalseite für die Strömung mehrfach gewechselt wird, kann es sich bei den Strömungsdauern insbesondere um Gesamtströmungsdauern handeln.

[0012] Ein besonders gut definiertes Strömungsbild und somit eine besonders gut definierte Abtragung kann erfindungsgemäß dadurch erzielt werden, dass bei einer Strömung des Abtragungsfluids zwischen einer der Kanalseiten und dem Querkanal die jeweils andere Kanalseite gesperrt wird.

[0013] Grundsätzlich kann als Abtragungsfluid ein beliebiges Fluid verwendet werden, das beim Vorbeifließen an der Verschneidungsstelle eine Material abtragende Wirkung zeigt. Unter einem Fluid wird hierbei jedes fließfähige Kontinuum verstanden. Beispielsweise kann als Abtragungsfluid ein Dielektrikum verwendet werden, welches bei Stromdurchleitung aufgrund elektrochemischer Reaktionen Material abträgt. In diesem Fall kann das erfindungsgemäße Bearbeitungsverfahren als elektrochemische Bearbeitung (ECM) bezeichnet werden. Da derartige Dielektrika jedoch häufig zur Bildung von Rost oder sonstiger Korrosionsprodukte führen können, ist bei deren Verwendung auf eine gründliche Reinigung des Bauteils zu achten, da sonst insbesondere die Laufflächen für die Verschiebeteile beschädigt werden können. Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist jedoch dadurch gekennzeichnet, dass das Abtragungsfluid eine Trägerflüssigkeit mit Abrasivpartikeln aufweist. Geeigneterweise ist eine Viskosität des Abtragungsfluids dabei größer als eine Viskosität des Kraftstoffs für den Injektorkörper. Insbesondere kann die Viskosität des Abtragungsfluids 10 bis 10000 mm²/s betragen. Geeigneterweise wird ein Abtragungsfluid mit einer Viskosität gewählt, die sich im Bereich typischer Viskositäten von Hydraulikölen befindet. Das Abtragungsfluid kann auch ein magnetorheologisches, ein elektror-

heologisches und/oder ein thixotropes Fluid sein.

[0014] Eine besonders schnelle und zugleich hochwertige Verrundung kann erfindungsgemäß dadurch erzielt werden, dass das Abtragungsfluid mit einem Druck zwischen 10 und 500 bar, insbesondere mit einem Druck zwischen 50 und 150 bar, in die Kanäle eingeleitet wird. Bevorzugt wird ein Druck von etwa 100 bar gewählt.

[0015] Bauteile mit qualitativ besonders hochwertigen Verrundungen können erfindungsgemäß dadurch erhalten werden, dass das Abtragungsfluid in den Längskanal mit einer konstanten Durchflussrate eingeleitet wird, dass an zumindest einer der beiden Kanalseiten ein Abtragungsfluiddruck gemessen wird und dass die Bearbeitung des Bauteils bei Erreichen eines Soll-Drucks beendet wird. Der Verlauf des Abtragungsfluiddrucks stellt dabei ein Maß für die Materialabtragung dar. Alternativ kann die Bearbeitung des Bauteils aber auch zeitgesteuert beendet werden, wobei die Abtragungsfluiddruckmessung dann zur Kontrolle des Abtragungsvorgangs und zu einer Qualitätseinstufung des bearbeiteten Bauteils dienen kann. Neben einer Prozesskontrolle erlaubt eine Abtragungsfluiddruckmessung schließlich auch eine Regelung des Fluiddrucks.

[0016] Eine insbesondere für komplexe Bauteile vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass mehrere Querkanäle im Bauteil vorgesehen werden und dass die Querkanäle nacheinander zum Durchleiten des Abtragungsfluids geöffnet werden, wobei die Kanalseite für die Strömung bei jedem geöffneten Querkanal jeweils mehrmals abgewechselt wird. Alternativ ist es auch möglich, die Querkanäle bei gleichbleibender Kanalseite für die Strömung nacheinander zu öffnen, dann die Kanalseite zu wechseln und die Querkanäle erneut nacheinander zu öffnen.

[0017] Im Hinblick auf die Vorrichtung wird die oben genannte Aufgabe durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Eine solche Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Stalleinrichtung zum Ausbilden einer abwechselnden Strömung des Abtragungsfluids zwischen den beiden Kanalseiten und dem Querkanal vorgesehen ist. Die Vorrichtung kann insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dienen.

[0018] Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Anschlusseinrichtung eine erste Zuleitung zum Zuführen von Abtragungsfluid von der Pumpeinrichtung zur ersten Kanalseite, eine zweite Zuleitung zum Zuführen von Abtragungsfluid von der Pumpeinrichtung zur zweiten Kanalseite und/oder eine Ableitung zum Abführen von Abtragungsfluid aus dem Querkanal aufweist. Eine derartige Anordnung ermöglicht es, die Strömung so einzustellen, dass Abtragungsfluid aus dem Längskanal in den Querkanal hineinströmt.

[0019] Zum Zuführen von Abtragungsfluid in die beiden Kanalseiten ist es grundsätzlich möglich, zwei getrennte Pumpeinrichtungen vorzusehen, von denen eine die erste Kanalseite und die andere die zweite Kanalseite

mit Abtragungsfluid beströmt. In diesem Fall kann die Stelleinrichtung insbesondere eine Steuereinrichtung zum wechselweisen Betätigen der beiden Pumpeinrichtungen oder zu ihrem wechselweisen Entsperrern aufweisen. Besonders bevorzugt ist es jedoch, dass die Pumpeinrichtung als gemeinsame Pumpeinrichtung zum Zuführen von Abtragungsfluid an beide Kanalseiten ausgebildet ist und dass die Stelleinrichtung mindestens ein Ventil aufweist, über welches beide Kanalseiten mit der gemeinsamen Pumpeinrichtung verbunden sind. In diesem Falle ist lediglich eine einzige Pumpeinrichtung erforderlich, die beide Kanalseiten, insbesondere über die beiden Zuleitungen, mit Abtragungsfluid versorgt. Vorzugsweise kann das Ventil ein 4/2-Wegeventil sein. Alternativ können jedoch auch zwei 2/2-Wegeventile vorgesehen sein. Geeigneterweise ist die Pumpeinrichtung als Kolbenpumpe ausgebildet.

[0020] Um hohe Differenzdrücke an dem mindestens einen Ventil und somit einen hohen Ventilverschleiß durch das Abtragungsfluid beim Öffnen und Schließen des mindestens einen Ventils weitestgehend zu vermeiden ist es erfindungsgemäß bevorzugt, dass mit dem mindestens einen Ventil die Durchflussrate und/oder der Druck des Abtragungsfluid kontinuierlich einstellbar ist. Insbesondere kann ein 4/2-Wegeventil als überlappendes Ventil ausgebildet werden, das in Analogie zu einem Kugelhahn kontinuierlich umschaltet.

[0021] Um eine Verschleppung des Abtragungsfluids nach der Bearbeitung des Bauteiles zu minimieren ist es erfindungsgemäß vorteilhaft, dass eine Druckluft-Spüleinrichtung zum Ausspülen des Abtragungsfluids aus den Kanälen vorgesehen ist. Hierdurch kann eine besonders einfache und effektive Vorreinigung des Bauteils erreicht werden. Insbesondere kann die Druckluft-Spüleinrichtung zum Erzeugen einer wechselseitigen Druckluftströmung zwischen der ersten Kanalseite und dem Querkanal einerseits und zwischen der zweiten Kanalseite und dem Querkanal andererseits vorgesehen sein.

[0022] Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele weiter erläutert, die schematisch in den Zeichnungen dargestellt sind. Hierin zeigen:

- Fig. 1 Querschnittansichten eines Bauteils mit einem Längskanal und mindestens einem hierin einmündenden Querkanal bei einseitiger Beströmung mit Abtragungsfluid in den Längskanal;
- Fig. 2 Querschnittansichten des Bauteils aus Fig. 1 bei beidseitiger, gleichzeitiger Beströmung in den Längskanal;
- Fig. 3 Querschnittansichten des Bauteils aus den Fig. 1 und 2 bei beidseitiger, abwechselnder Beströmung in den Längskanal gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 4 den Druckverlauf des Abtragungsfluid in einer

Kanalseite bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit konstanter Durchflussrate;

- 5 Fig. 5 eine schematische Querschnittansicht eines Bauteils mit schräg einmündendem Querkanal zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und
- 10 Fig. 6 den Leitungsverlauf einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0023] Die Fig. 1a) bis 1c) zeigen ein Bauteil 1 mit einem Längskanal 13. In den Längskanal 13 münden zwei Querkanäle 14, 14' unter einem in etwa rechten Winkel ein. Der Querkanal 14 teilt hierdurch den Längskanal 13 in eine in der Figur rechtsseitig dargestellte, erste Kanalseite 11 und in eine in der Figur linksseitig dargestellte, zweite Kanalseite 12. An der Einmündung des Querkanal 14 in den Längskanal 13 ist eine Verschneidungsstelle 15 ausgebildet, die zur Erhöhung der Druckfestigkeit des Bauteils 1 zu verrundet ist.

[0024] Wie durch die Pfeile angedeutet ist, wird bei der in Fig. 1b) dargestellten Verfahrensführung Abtragungsfluid von außen in die erste Kanalseite 11 des Längskanals 13 eingeleitet und durch den Querkanal 14 aus dem Bauteil 1 hinausgeleitet. An der zweiten Kanalseite 12 ist der Längskanal 13 hingegen mittels einer Sperreinrichtung 4 für einen Durchgang des Abtragungsfluids gesperrt. Gesperrt ist auch der Querkanal 14', wofür eine Querkanalsperreinrichtung 5 vorgesehen ist. Experimente haben ergeben, dass sich bei dieser Verfahrensführung an der Verschneidungsstelle 15 eine ungleichmäßige Materialabtragungs- und Verrundungsrate einstellt. Während auf der der Strömung zugewandten Seite (rechtsseitig in Fig. 1) der Verschneidungsstelle 15 eine hohe Materialabtragungsrate beobachtet wurde, stellte sich auf der entgegengesetzten, strömungsabgewandten Seite (linksseitig in Fig. 1) eine geringe Abtragungsrate ein. Darüber hinaus wurde beobachtet, dass durch den Abtragungsfluidstrom im Querkanal 14 unterstromig von der Verschneidungsstelle 15 eine als taschenförmige Vertiefung 19 ausgebildete Fehlerstelle abgetragen wurde.

[0025] Die Fig. 2a) bis 2c) zeigen das Bauteil 1 aus Fig. 1 bei einer alternativen Verfahrensführung. Wie durch die Pfeile dargestellt, wird hierbei Abtragungsfluid sowohl auf der ersten Kanalseite 11 als auch auf der zweiten Kanalseite 12 in den Längskanal 13 eingeleitet und aus dem Querkanal 14 ausgeleitet. Die Einleitung von außen in die beiden Kanalseiten 11, 12 erfolgt dabei gleichzeitig. Experimente ergaben bei dieser Verfahrensführung eine lediglich sehr geringe Abtragungsrate an der Verschneidungsstelle 15.

[0026] Eine Verfahrensführung gemäß der Erfindung ist schematisch in Fig. 3b) dargestellt. Wie durch die unterbrochenen Pfeile angedeutet, wird dabei die Verschneidungsstelle 15 wiederum beidseitig sowohl von

der ersten Kanalseite 11 als auch von der zweiten Kanalseite 12 beströmt. Im Gegensatz zu dem in Fig. 2b) dargestellten Verfahren erfolgt die Beströmung jedoch alternierend, d.h. wechselseitig, bezüglich der ersten und der zweiten Kanalseite 11, 12. Während zunächst beispielsweise das Abtragungsfluid auf der ersten Kanalseite 11 eingeleitet wird, wird nach einer gewissen Zeit die Kanalseite 11, 12 gewechselt und eine Strömung auf der zweiten Kanalseite 12 eingeleitet. Bei dieser erfindungsgemäßen Verfahrensführung ergaben Experimente eine verglichen mit der in Fig. 2b) dargestellten Verfahrensführung stark erhöhte Abtragungsrate bei lediglich geringer Tendenz zur Ausbildung unerwünschter taschenförmiger Vertiefungen 19 im Querkanal 14 (siehe Fig. 3a) und 3c)).

[0027] Während es bei dem in Fig. 3 dargestellten Bauteil 1 mit senkrecht im Längskanal 13 mündendem Querkanal 14 zum Erzielen einer symmetrisch abgerundeten Verschneidungsstelle vorteilhaft sein kann, eine erste Strömungsdauer für die Strömung des Abtragungsfluids durch die erste Kanalseite 11 und eine zweite Strömungsdauer für die Strömung des Abtragungsfluids durch die zweite Kanalseite 12 gleich zu wählen, kann es bei einem in Fig. 5 dargestellten Bauteil 1 mit schräg einmündendem Querkanal 14 vorteilhaft sein, diese Strömungsdauern unterschiedlich zu wählen. Beispielsweise kann es bei dem in Fig. 5 dargestellten Bauteil 1 vorteilhaft sein, die Strömungsdauer durch die erste Kanalseite 11 länger als die Strömungsdauer durch die zweite Kanalseite 12 zu wählen, da sich bei der an der zweiten Kanalseite 12 angeordneten, im Querschnitt spitzwinkligen Seite der Verschneidungsstelle 15 eine höhere Materialabtragungsrate ergeben kann als bei der an der ersten Kanalseite 11 angeordneten, im Querschnitt stumpfwinkligen Seite der Verschneidungsstelle 15.

[0028] Fig. 4 zeigt den zeitlichen Verlauf eines Druckes p_1 des Abtragungsfluids in einer ersten Zuleitung 31 zur ersten Kanalseite 11 des Längskanals 13 bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei konstanter Durchflussrate des Abtragungsfluids. Während einer ersten Strömungsdauer T_1 , bei der das Druckfluid über die erste Kanalseite 11 in den Querkanal 14 geleitet wird, stellt sich der Druck p_1 auf einen Arbeitsdruck ein. Während der anschließenden Strömungsdauer T_2 , bei der das Abtragungsfluid über die zweite Kanalseite 12 in das Bauteil geleitet wird, wird die erste Zuleitung 31 drucklos geschaltet. Der Wechsel der Kanalseiten 11, 12 wird mit einer Umschaltfrequenz wiederholt. Mit zunehmender Materialabtragung und Abrundung an der Verschneidungsstelle 15 nimmt der Druck p_1 aufgrund des verbesserten Strömungsverhaltens an der Verschneidungsstelle 15 ab. Der Druck p_1 und/oder eine Druckdifferenz Δp_1 , die sich beim Abtragen einstellt, können somit als ein Maß für den Materialabtrag an der Verschneidungsstelle 15 dienen. Insbesondere kann bei Erreichen und/oder Unterschreiten eines Soll-Druckes die Bearbeitung abgebrochen werden.

[0029] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist in Fig. 6 dargestellt. Die Vorrichtung dient zum Bearbeiten eines Bauteils 1 mit einem Längskanal 13 und zwei Querkanälen 14, 14'.

[0030] Zum Erzeugen einer vom Längskanal 13 in die Querkanäle 14, 14' gerichteten Abtragungsfluidströmung ist eine gemeinsame Pumpeinrichtung 20 vorgesehen. Die gemeinsame Pumpeinrichtung 20 steht über ein als 4/2-Wegeventil ausgebildetes Ventil 42 mit einer ersten Zuleitung 31 und einer zweiten Zuleitung 32 einer Anschlusseinrichtung 30 in Verbindung, wobei die erste Zuleitung 31 zu einer ersten Kanalseite 11 des Längskanals 13 und die zweite Zuleitung 32 zu einer zweiten Kanalseite 12 des Längskanals 13 führt. Das Ventil 42 ist so ausgelegt, dass entweder die erste Zuleitung 31 oder die zweite Zuleitung 32 mit der gemeinsamen Pumpeinrichtung 20 in Strömungsverbindung steht. Zum Erzeugen einer kontinuierlichen Strömung oder eines kontinuierlichen Drucks weist die gemeinsame Pumpeinrichtung 20 zwei Kolbenpumpen 22, 22' auf, die über Pumpenventile 23, 23' wechselweise mit dem Ventil 42 in Strömungsverbindung gebracht werden können.

[0031] Der Querkanal 14 ist mit einer Ableitung 34 und der Querkanal 14' mit einer Ableitung 34' zum drucklosen Abführen des Abtragungsfluids aus dem Bauteil 1 verbunden. Über Ableitungsventile 35, 35' können die Ableitungen 34, 34' dabei einzeln zum Durchleiten des Abtragungsfluids geöffnet oder gesperrt werden.

[0032] Zum Vorreinigen des Bauteils 1 vom Abtragungsfluid nach erfolgter Bearbeitung ist eine Druckluft-Spüleinrichtung vorgesehen. Die Druckluft-Spüleinrichtung weist einen ersten Spülkanal 51 auf, der über ein erstes Spülventil 53 mit der ersten Zuleitung 31 in Verbindung steht. Die Druckluft-Spüleinrichtung weist ferner einen zweiten Spülkanal 52 auf, der über ein zweites Spülventil 54 mit der zweiten Zuleitung 32 in Verbindung steht. Durch wechselseitiges Betätigen der Spülventile 53, 54 kann das Bauteil 1 wechselseitig über die erste Kanalseite 11 und die zweite Kanalseite 12 mit Druckluft durchspült werden, wobei das ausgeblasene Abtragungsfluid über die Ableitungen 34, 34' aus den Querkanälen 14, 14' abgeführt wird.

45 Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten eines Bauteils (1), insbesondere eines Kraftstoff-Injektorkörpers, mit mindestens einem Längskanal (13) und mindestens einem Querkanal (14, 14'), welcher unter Ausbildung einer Verschneidungsstelle (15) in den Längskanal (13) mündet und diesen in eine erste Kanalseite (11) und in eine zweite Kanalseite (12) teilt, wobei ein Abtragungsfluid in den Längskanal (13) und in den Querkanal (14, 14') eingeleitet und unter Materialabtragung an der Verschneidungsstelle (15) in Strömung versetzt wird,
dadurch gekennzeichnet,

- dass** die Strömung abwechselnd einerseits zwischen der ersten Kanalseite (11) und dem Querkanal (14, 14') und andererseits zwischen der zweiten Kanalseite (12) und dem Querkanal (14, 14') eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **das** die Strömung des Abtragungsfluids vom Längskanal (13) in den Querkanal (14, 14') gerichtet eingestellt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** eine Umschaltfrequenz für einen Wechsel der Kanalseiten (11, 12) 0,01 bis 2 Hz, insbesondere 0,05 bis 1 Hz beträgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** sich eine erste Strömungsdauer für die Strömung zwischen der ersten Kanalseite (11) und dem Querkanal (14, 14') von einer zweiten Strömungsdauer für die Strömung zwischen der zweiten Kanalseite (12) und dem Querkanal (14, 14') unterscheidet.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** bei einer Strömung des Abtragungsfluids zwischen einer der Kanalseiten (11, 12) und dem Querkanal (14, 14') die jeweils andere Kanalseite (12, 11) für das Abtragungsfluid gesperrt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Abtragungsfluid eine Trägerflüssigkeit mit Abrasivpartikeln aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Abtragungsfluid mit einem Druck zwischen 10 und 500 bar, insbesondere mit einem Druck zwischen 50 und 150 bar, in die Kanäle (13, 14, 14') eingeleitet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**,
- **dass** das Abtragungsfluid in den Längskanal (13) mit einer konstanten Durchflussrate eingeleitet wird,
 - **dass** an zumindest einer der beiden Kanalseiten (11, 12) ein Abtragungsfluiddruck gemessen wird und
 - **dass** die Bearbeitung des Bauteils (1) bei Erreichen eines Soll-Drucks beendet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**,
- **dass** mehrere Querkanäle (14, 14') im Bauteil vorgesehen werden und
 - **dass** die Querkanäle (14, 14') nacheinander zum Durchleiten des Abtragungsfluids geöffnet werden, wobei die durchströmte Kanalseite (11, 12) bei jedem geöffneten Querkanal (14, 14') jeweils mehrmals abgewechselt wird.
10. Vorrichtung zum Bearbeiten eines Bauteils (1), insbesondere eines Kraftstoff-Injektorkörpers, mit mindestens einem Längskanal (13) und mindestens einem Querkanal (14, 14'), welcher unter Ausbildung einer Verschneidungsstelle (15) in den Längskanal (13) mündet und diesen in eine erste Kanalseite (11) und in eine zweite Kanalseite (12) teilt, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit
- mindestens einer Pumpeinrichtung (20), durch welche ein Abtragungsfluid in Strömung versetzbar ist, und
 - einer Anschlusseinrichtung (30) zum Verbinden der Pumpeinrichtung (20) mit den Kanälen (13, 14, 14') des Bauteils,
- dadurch gekennzeichnet**, **dass** eine Stelleinrichtung zum Ausbilden einer abwechselnden Strömung des Abtragungsfluids zwischen den beiden Kanalseiten (11, 12) und dem Querkanal (14, 14') vorgesehen ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Anschlusseinrichtung (30) eine erste Zuleitung (31) zum Zuführen von Abtragungsfluid von der Pumpeinrichtung (20) zur ersten Kanalseite (11), eine zweite Zuleitung (32) zum Zuführen von Abtragungsfluid von der Pumpeinrichtung (20) zur zweiten Kanalseite (12) und eine Ableitung (34, 34') zum Abführen von Abtragungsfluid aus dem Querkanal (14, 14') aufweist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Pumpeinrichtung (20) als gemeinsame Pumpeinrichtung (20) zum Zuführen von Abtragungsfluid an beide Kanalseiten (11, 12) ausgebildet ist und **dass** die Stelleinrichtung mindestens ein Ventil (42), insbesondere ein 4/2-Wegeventil oder zwei 2/2-Wegeventile, aufweist, über welches beide Kanalseiten (11, 12) mit der gemeinsamen Pumpeinrichtung (20) verbunden sind.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

dass mit einer Steuereinrichtung der insbesondere gemeinsamen Pumpeinrichtung (20) die Durchflussrate und/oder der Druck des Abtragungsfuids kontinuierlich einstellbar ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** eine Druckluft-Spüleinrichtung zum Ausspülen des Abtragungsfuids aus den Kanälen (13, 14, 14') vorgesehen ist.

Claims

1. Method for machining a component (1), in particular a fuel injector body, comprising at least one longitudinal channel (13) and at least one transverse channel (14, 14') that merges into the longitudinal channel (13) whilst forming a point of intersection (15) and divides said longitudinal channel into a first channel side (11) and a second channel side (12), wherein an erosion fluid is introduced into the longitudinal channel (13) and the transverse channel (14, 14') and is put into a flow whilst eroding material at the point of intersection (15), **characterized in that** the flow is set alternately between the first channel side (11) and the transverse channel (14, 14') on the one hand and between the second channel side (12) and the transverse channel (14, 14') on the other hand.
2. Method according to claim 1, **characterized in that** the flow of the erosion fluid is set to be directed from the longitudinal channel (13) into the transverse channel (14, 14').
3. Method according to any one of claims 1 or 2, **characterized in that** a switch-over frequency for a change of the channel sides (11, 12) amounts to 0.01 to 2 Hz, in particular 0.05 to 1 Hz.
4. Method according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** a first flow duration for the flow between the first channel side (11) and the transverse channel (14, 14') differs from a second flow duration for the flow between the second channel side (12) and the transverse channel (14, 14').
5. Method according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** during a flow of the erosion fluid between one of the channel sides (11, 12) and the transverse channel (14, 14') the respective other channel side (12, 11)

is blocked for the erosion fluid.

6. Method according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the erosion fluid has a carrier fluid containing abrasive particles.
7. Method according to any one of claims 1 to 6, **characterized in that** the erosion fluid is introduced into the channels (13, 14, 14') at a pressure ranging between 10 and 500 bar, in particular at a pressure ranging between 50 and 150 bar.
8. Method according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that**
- the erosion fluid is introduced into the longitudinal channel (13) at a constant flow rate,
 - **in that** a pressure of the erosion fluid is measured on at least one of the two channel sides (11, 12) and
 - **in that** the machining of the component (1) is terminated on reaching a predetermined pressure.
9. Method according to any one of claims 1 to 8, **characterized in that**
- several transverse channels (14, 14') are provided in the component and
 - **in that** the transverse channels (14, 14') are opened successively for the passage of the erosion fluid, and in doing so the channel side (11, 12) being flowed through is alternated repeatedly in each opened transverse channel (14, 14').
10. Device for machining a component (1), in particular a fuel injector body, comprising at least one longitudinal channel (13) and at least one transverse channel (14, 14') that merges into the longitudinal channel (13) whilst forming a point of intersection (15) and divides said longitudinal channel into a first channel side (11) and a second channel side (12), in particular for carrying out the method according to any one of claims 1 to 9, comprising
- at least one pump device (20), through which an erosion fluid can be put into a flow and
 - a connecting device (30) for connecting the pump device (20) with the channels (13, 14, 14') of the component,
- characterized in that** a setting device is provided for producing an alternating flow of the erosion fluid between the two channel sides (11, 12) and the transverse channel (14,

14').

11. Device according to claim 10, **characterized in that** the connecting device (30) has a first supply line (31) for supplying erosion fluid from the pump device (20) to the first channel side (11), a second supply line (32) for supplying erosion fluid from the pump device (20) to the second channel side (12) and a discharge line (34, 34') for discharging erosion fluid from the transverse channel (14, 14').
12. Device according to any one of claims 10 or 11, **characterized in that** the pump device (20) is designed as a common pump device (20) for supplying erosion fluid to both channel sides (11, 12) and **in that** the setting device has at least one valve (42), in particular a 4/2-way valve or two 2/2-way valves, through which both channel sides (11, 12) are connected to the common pump device (20).
13. Device according to any one of claims 10 to 12, **characterized in that** the flow rate and/or the pressure of the erosion fluid can be set in a continuous manner by means of a control device of the especially common pump device (20).
14. Device according to any one of claims 10 to 13, **characterized in that** a compressed-air flushing device is provided for flushing the erosion fluid out of the channels (13, 14, 14').

Revendications

1. Procédé d'usinage d'une pièce (1), en particulier d'un corps d'injecteur de carburant, avec au moins un canal longitudinal (13) et au moins un canal transversal (14, 14'), qui débouche dans le canal longitudinal (13) en formant une intersection (15) et divise celui-ci en un premier côté (11) de canal et un deuxième côté (12) côté de canal, dans lequel un fluide d'enlèvement de matière est introduit dans le canal longitudinal (13) et dans le canal transversal (14, 14') et est mis en écoulement avec un effet d'enlèvement de matière au niveau de l'intersection (15), **caractérisé en ce que** l'écoulement est instauré en alternance d'une part entre le premier côté (11) de canal et le canal transversal (14, 14') et d'autre part entre le deuxième côté (12) de canal et le canal transversal (14, 14').
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'écoulement du fluide d'enlèvement de ma-

tière est dirigé du canal longitudinal (13) vers le canal transversal (14, 14').

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**une fréquence d'alternance pour un changement de côté (11, 12) de canal vaut entre 0,01 et 2 Hz, en particulier entre 0,05 et 1 Hz.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**une première durée d'écoulement pour l'écoulement entre le premier côté (11) de canal et le canal transversal (14, 14') diffère d'une deuxième durée d'écoulement pour l'écoulement entre le deuxième côté (12) de canal et le canal transversal (14, 14').
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que**, lors d'un écoulement du fluide d'enlèvement de matière entre l'un des côtés (11, 12) de canal et le canal transversal (14, 14'), l'autre côté (12, 11) de canal est fermé au fluide d'enlèvement de matière.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le fluide d'enlèvement de matière est un fluide porteur avec des particules abrasives.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le fluide d'enlèvement de matière est introduit dans les canaux (13, 14, 14') sous une pression comprise entre 10 et 500 bar, en particulier sous une pression comprise entre 50 et 150 bar.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé**
- **en ce que** le fluide d'enlèvement de matière est introduit dans le canal longitudinal (13) avec un débit constant,
 - **en ce qu'**une pression du fluide d'enlèvement de matière est mesurée sur au moins l'un des deux côtés (11, 12) de canal, et
 - **en ce que** l'usinage de la pièce (1) est achevé quand on atteint une pression de consigne.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé**
- **en ce que** plusieurs canaux transversaux (14, 14') sont prévus dans la pièce, et
 - **en ce que** les canaux transversaux (14, 14') sont ouverts successivement pour laisser passer le fluide d'enlèvement de matière, le côté (11, 12) de canal parcouru par le fluide étant changé plusieurs fois pour chaque canal trans-

versal (14, 14') ouvert.

d'enlèvement de matière depuis les canaux (13, 14, 14').

10. Dispositif pour l'usinage d'une pièce (1), en particulier d'un corps d'injecteur de carburant, avec au moins un canal longitudinal (13) et au moins un canal transversal (14, 14'), qui débouche dans le canal longitudinal (13) en formant une intersection (15) et divise celui-ci en un premier côté (11) de canal et un deuxième côté (12) de canal, en particulier pour appliquer le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, avec

- au moins un dispositif de pompage (20) grâce auquel un fluide d'enlèvement de matière peut être mis en circulation, et
- un dispositif de raccordement (30) pour relier le dispositif de pompage (20) aux canaux (13, 14, 14') de la pièce,

caractérisé en ce qu'un dispositif de réglage est prévu pour établir un écoulement alterné du fluide d'enlèvement de matière entre les deux côtés (11, 12) de canal et le canal transversal (14, 14').

11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le dispositif de raccordement (30) comprend une première conduite d'alimentation (31) pour conduire le fluide d'enlèvement de matière du dispositif de pompage (20) au premier côté (11) de canal, une deuxième conduite d'alimentation (32) pour conduire le fluide d'enlèvement de matière du dispositif de pompage (20) au deuxième côté (12) de canal, et une conduite d'évacuation (34, 34') pour évacuer le fluide d'évacuation depuis le canal transversal (14, 14').

12. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé**

en ce que le dispositif de pompage (20) est conformé en dispositif de pompage commun (20) pour alimenter le fluide d'enlèvement de matière vers les deux côtés (11, 12) de canal, et

en ce que le dispositif de réglage comprend au moins une vanne (42), en particulier une vanne à 4/2 voies ou une vanne à 2/2 voies, par laquelle les deux côtés (11, 12) de canal sont reliés au dispositif de pompage commun (20).

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce qu'**avec un dispositif de commande du dispositif de pompage (20) en particulier commun, le débit et/ou la pression du fluide d'enlèvement de matière peut être réglé en continu.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, **caractérisé en ce qu'**un dispositif de rinçage à air comprimé est prévu pour rincer le fluide

Fig. 1:

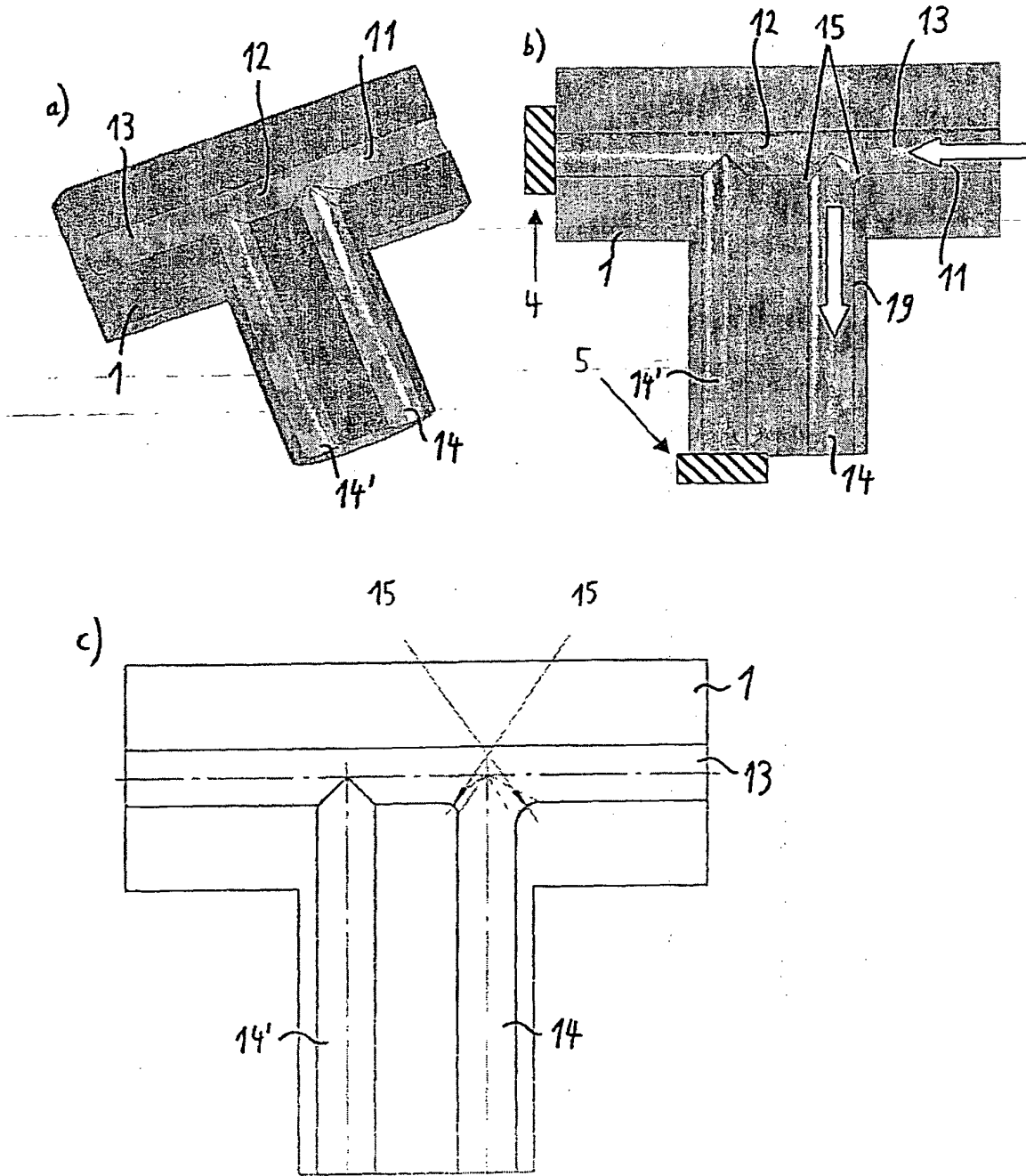


Fig. 2:

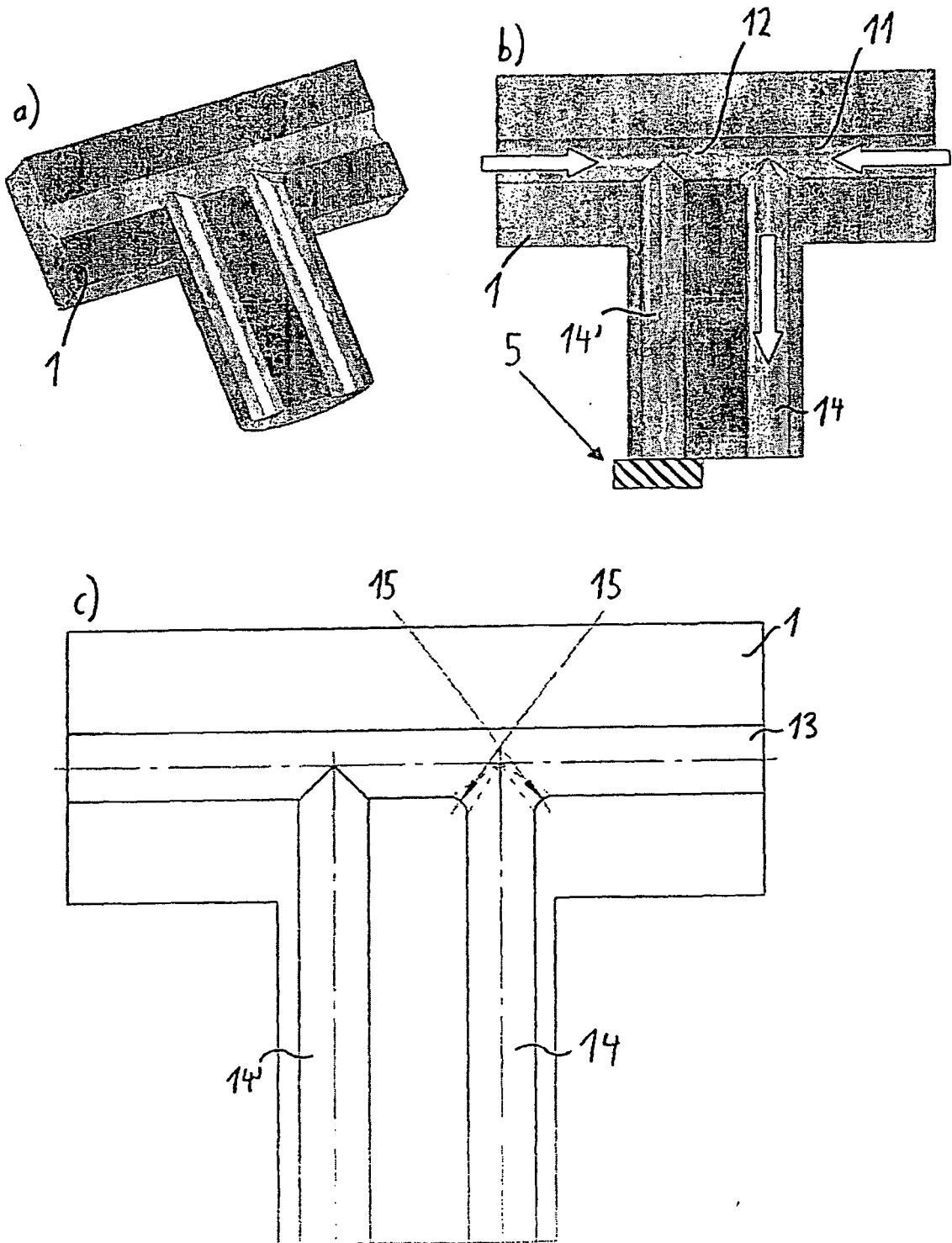


Fig. 3:

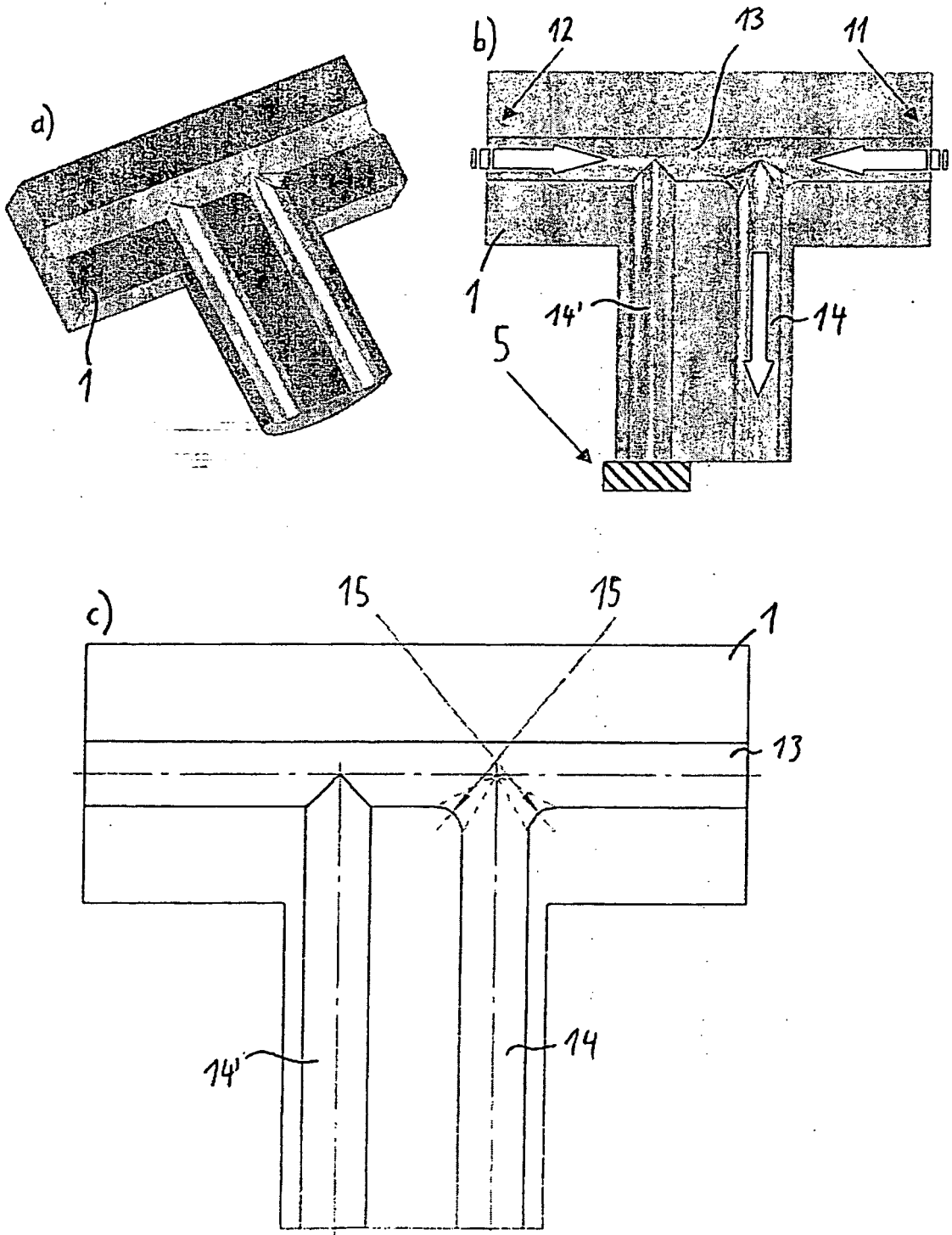


Fig. 4:

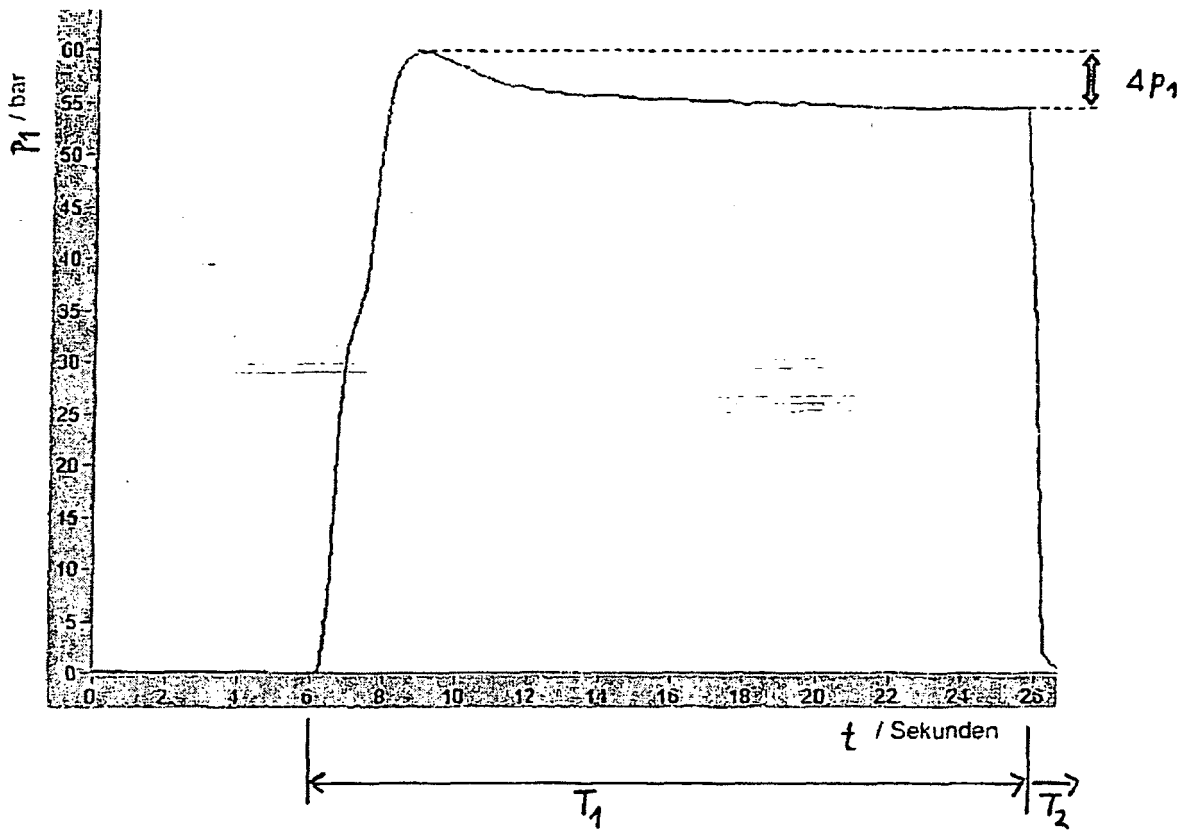


Fig. 5

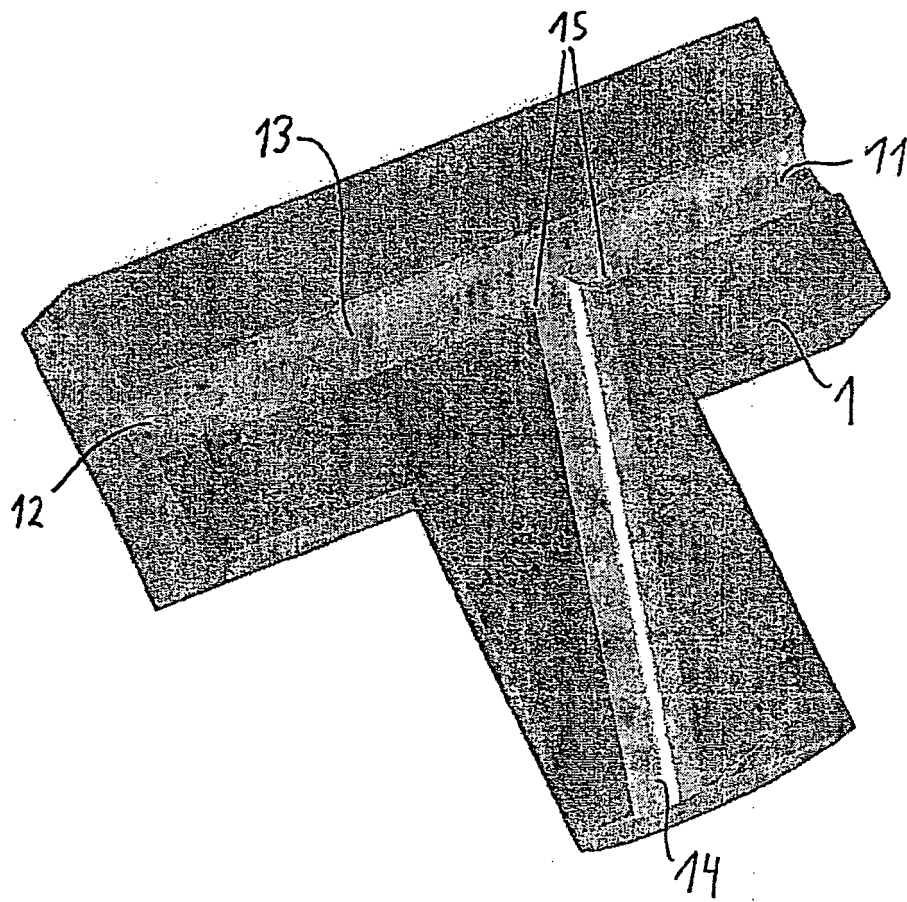
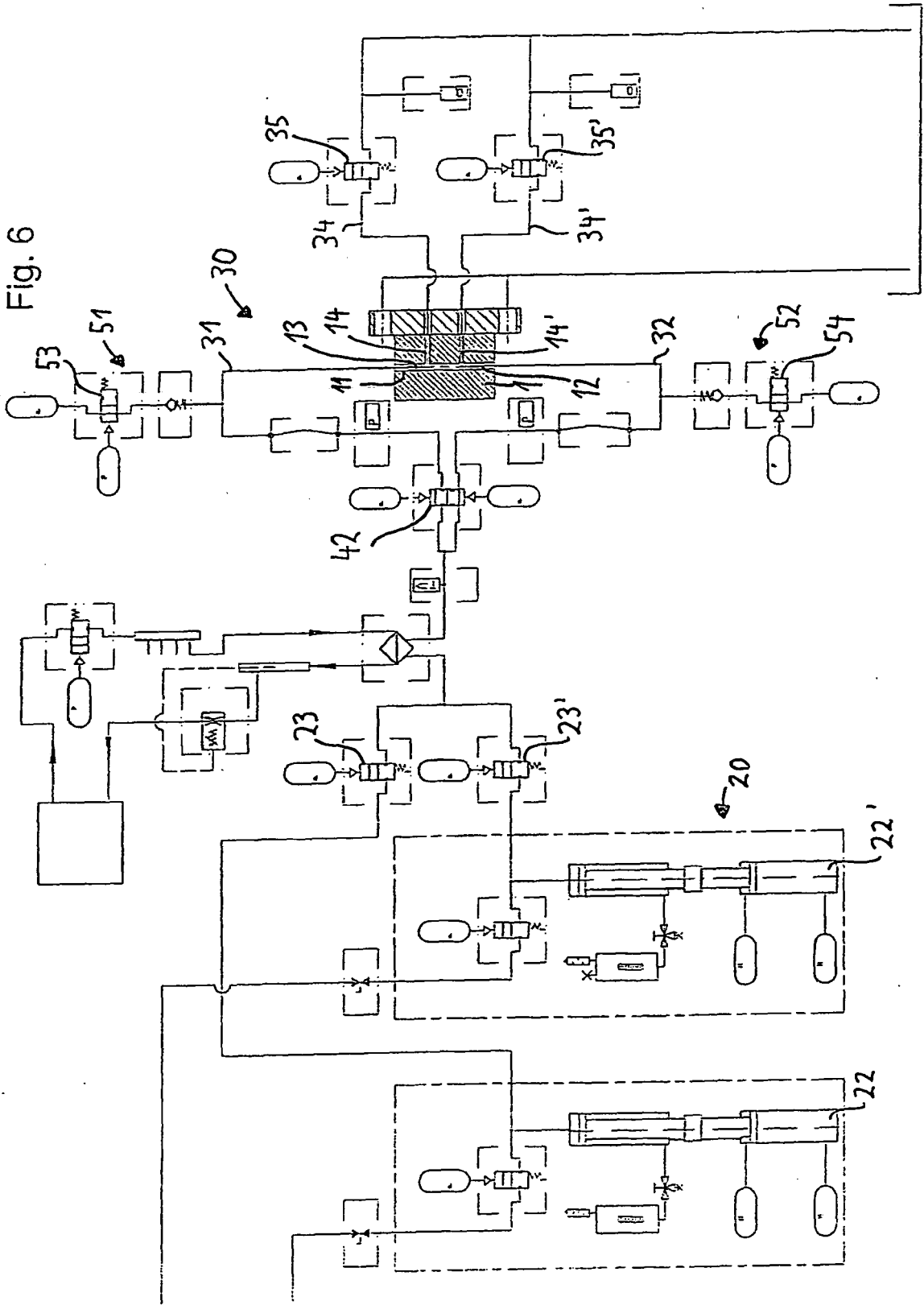


Fig. 6



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

- EP 1186378 A [0001]
- DE 19519191 C2 [0002]
- DE 10015875 C2 [0003]