



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.09.2005 Patentblatt 2005/36

(51) Int Cl.7: **B24B 31/116**

(21) Anmeldenummer: **04030162.4**

(22) Anmeldetag: **20.12.2004**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

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

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

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

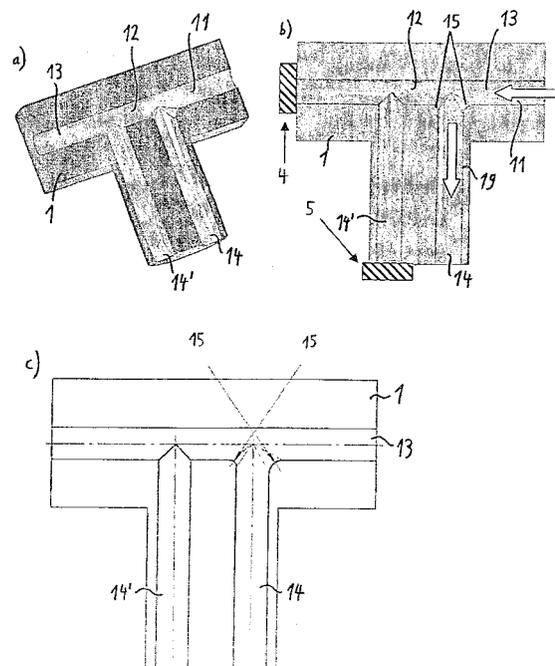
(71) Anmelder: **Sonplas GmbH**
94315 Straubing (DE)

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

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

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten eines Bauteils (1), insbesondere eines Kraftstoff-Injektorkörpers, mit mindestens einem Längskanal (13) und mindestens einem Querkanal (14), welcher unter Ausbildung einer Verschneidungsstelle (15) in den Längskanal (13) mündet und den Längskanal (13) in eine erste (11) und in eine zweite (12) Kanalseite teilt, wobei ein Abtragungsfluid in den Längskanal (13) und den Querkanal (14) eingeleitet und unter Materialabtragung an der Verschneidungsstelle (15) in Strömung versetzt wird. Dabei wird die Strömung des Abtragungsfluids abwechselnd einerseits zwischen der ersten Kanalseite (11) und dem Querkanal (14) und andererseits zwischen der zweiten Kanalseite (12) und dem Querkanal (14) eingestellt. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Bearbeiten eines solchen Bauteils (1).

Fig. 1:



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten eines Bauteils, insbesondere eines Kraftstoff-Injektorkörpers, mit mindestens einem Längskanal und mindestens einem Querkanal, welcher unter Ausbildung einer Verschneidungsstelle in den Längskanal mündet und diesen in eine erste Kanalseite und in eine zweite Kanalseite teilt, wobei ein Abtragungsfluid in den Längskanal und in den Querkanal eingeleitet und unter Materialabtragung an der Verschneidungsstelle in Strömung versetzt wird.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Bearbeiten eines Bauteils, insbesondere eines Kraftstoff-Injektorkörpers, mit mindestens einem Längskanal und mindestens einem Querkanal, welcher unter Ausbildung einer Verschneidungsstelle in den Längskanal mündet und diesen in eine erste Kanalseite und in eine zweite Kanalseite teilt, mit mindestens einer Pumpeinrichtung, durch welche ein Abtragungsfluid in Strömung versetzbar ist, und einer Anschlusseinrichtung zum Verbinden der Pumpeinrichtung mit den Kanälen des Bauteils.

[0003] Injektorkörper für Einspritzventile für Kraftstoff-Einspritzsysteme sind beispielsweise und 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.

[0004] Aus der DE 100 15 875 C2 ist ein Verfahren zum abrasiven Bearbeiten von Durchflusskanälen eines Düsenelements für Einspritzventile bekannt. Bei diesem bekannten Verfahren wird ein Abrasivmedium mit einer Trägerflüssigkeit und einem Tonmineral unter Materialabtragung durch die Durchflusskanäle geleitet.

[0005] 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.

[0006] 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 einer-

seits zwischen der ersten Kanalseite und dem Querkanal und andererseits zwischen der zweiten Kanalseite und dem Querkanal eingestellt wird.

[0007] 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 Hochdruckfestigkeit des Bauteils beiträgt. Gleichzeitig werden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren besonders hohe Abtragungsraten erzielt.

[0008] 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 Querkanälen korrespondieren und die zur Modulation der Einspritzung über die Querkanäle mit Druckmittel beaufschlagbar sind. Das Druckmittel, d.h. der Kraftstoff, kann insbesondere ein Dieseldieselkraftstoff 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 .

[0009] 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.

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] 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 elektrorheologisches und/oder ein thixotropes Fluid sein.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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 Stelleinrichtung 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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 Druckluftstörung zwischen der ersten Kanalseite und dem Querkanal einerseits und zwischen der zweiten Kanalseite und dem Querkanal andererseits vorge-

sehen sein.

[0023] 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 Bestromung mit Abtragungsfluid in den Längskanal;

Fig. 2 Querschnittansichten des Bauteils aus Fig. 1 bei beidseitiger, gleichzeitiger Bestromung in den Längskanal;

Fig. 3 Querschnittansichten des Bauteils aus den Fig. 1 und 2 bei beidseitiger, abwechselnder Bestromung 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;

Fig. 5 eine schematische Querschnittansicht eines Bauteils mit schräg einmündendem Querkanal zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 6 den Leitungsverlauf einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0024] 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 Querkanals 14 in den Längskanal 13 ist eine Verschneidungsstelle 15 ausgebildet, die zur Erhöhung der Druckfestigkeit des Bauteils 1 zu verrunden ist.

[0025] 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 Querkansalsperreinrichtung 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 beob-

achtet 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.

[0026] 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.

[0027] 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)).

[0028] 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.

[0029] Fig. 4 zeigt den zeitlichen Verlauf eines Druck-

kes 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.

[0030] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist in Fig. 6 dargestellt. Die Vorrichtung dient zum Bearbeiten eines Bauteils 1 mit einem Längskanal 13 und zwei Querkänen 14, 14'.

[0031] Zum Erzeugen einer vom Längskanal 13 in die Querkäne 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.

[0032] 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.

[0033] 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 fer-

ner 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 Querkänen 14, 14' abgeführt wird.

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 Querkäle (14, 14') im Bauteil vorgesehen werden und
 - dass die Querkäle (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 Abtragungsfluids kontinuierlich einstellbar ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Druckluft-Spüleinrichtung zum Ausspülen des Abtragungsfluids aus den Kanälen (13, 14, 14') vorgesehen ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1:

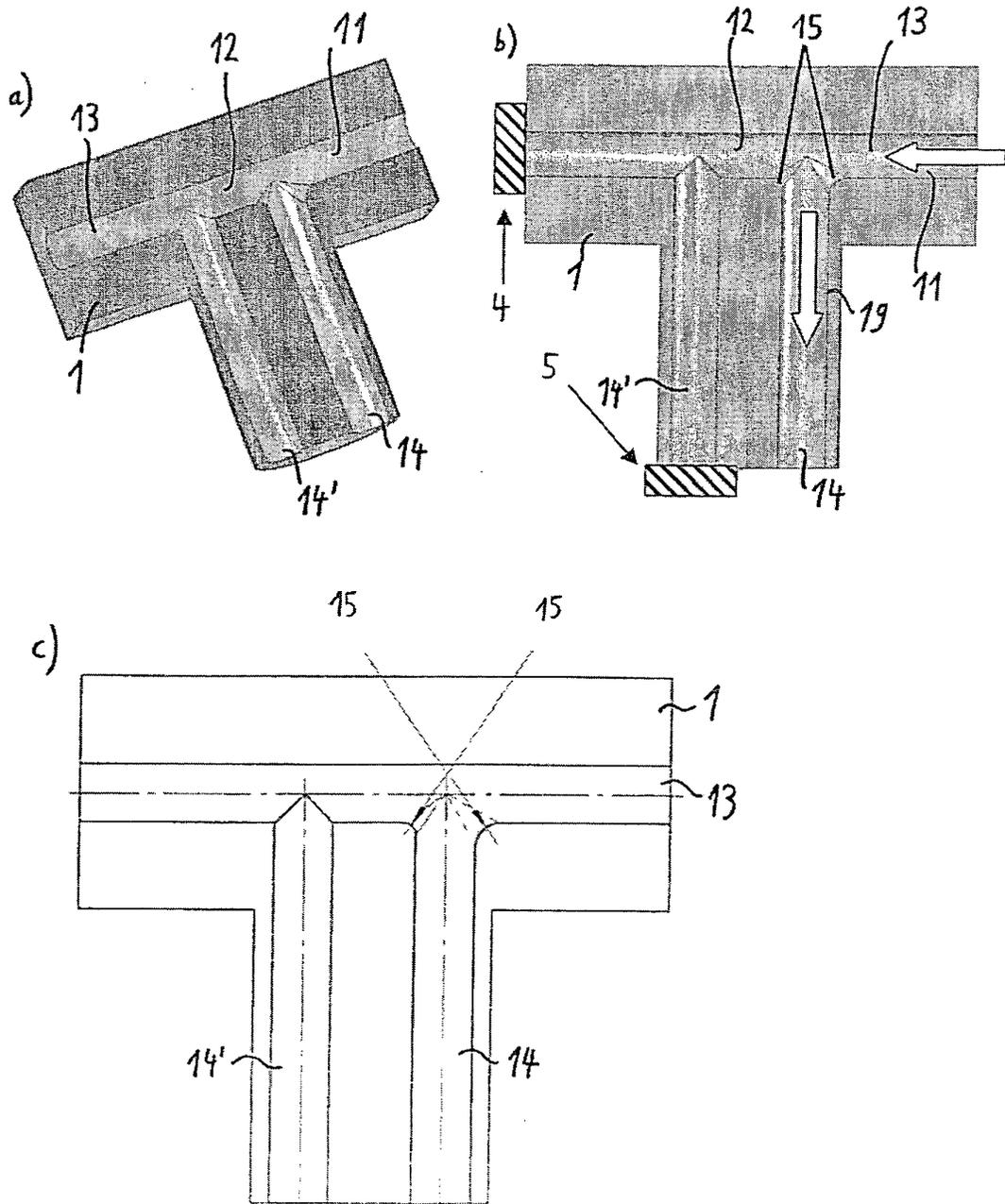


Fig. 2:

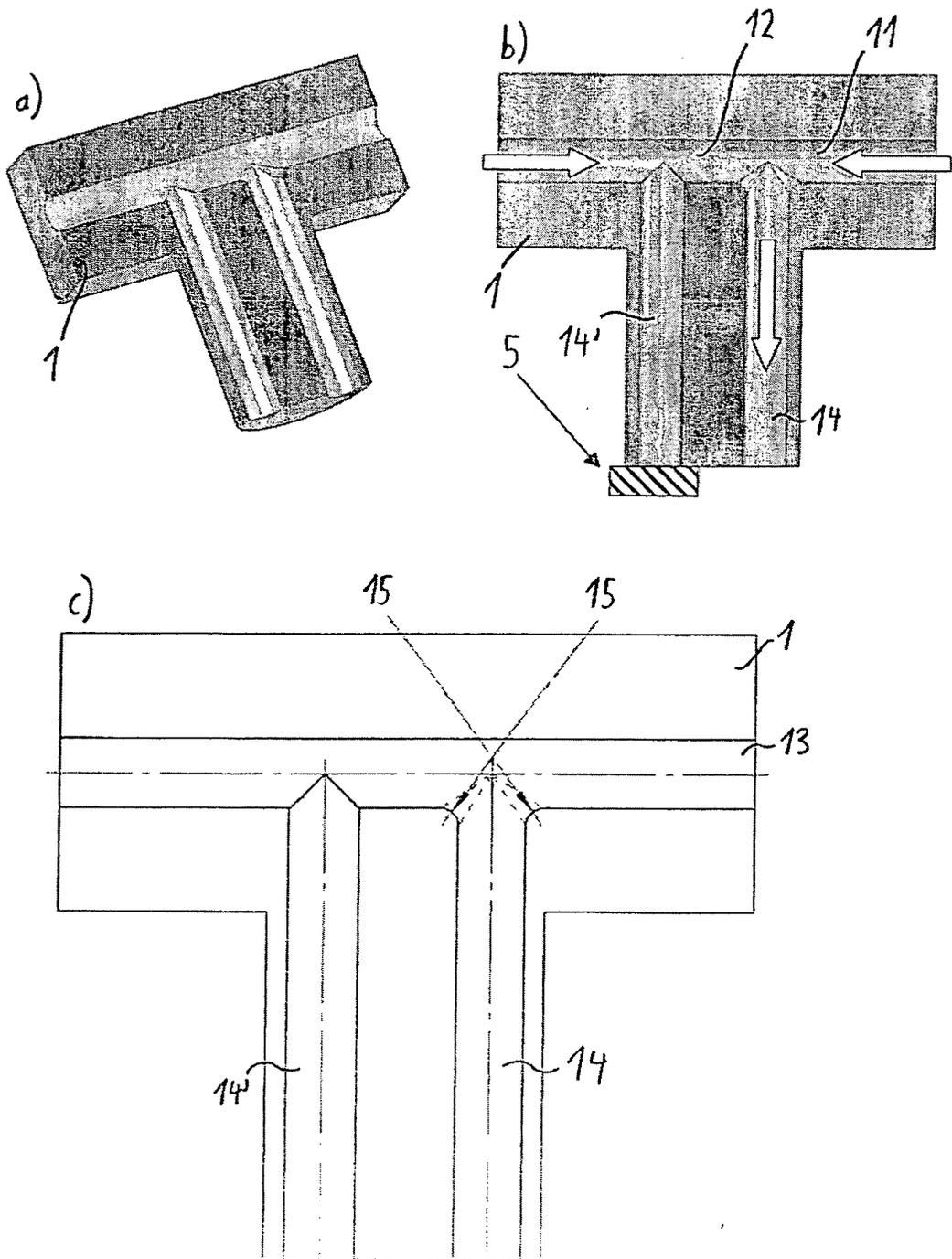


Fig. 3:

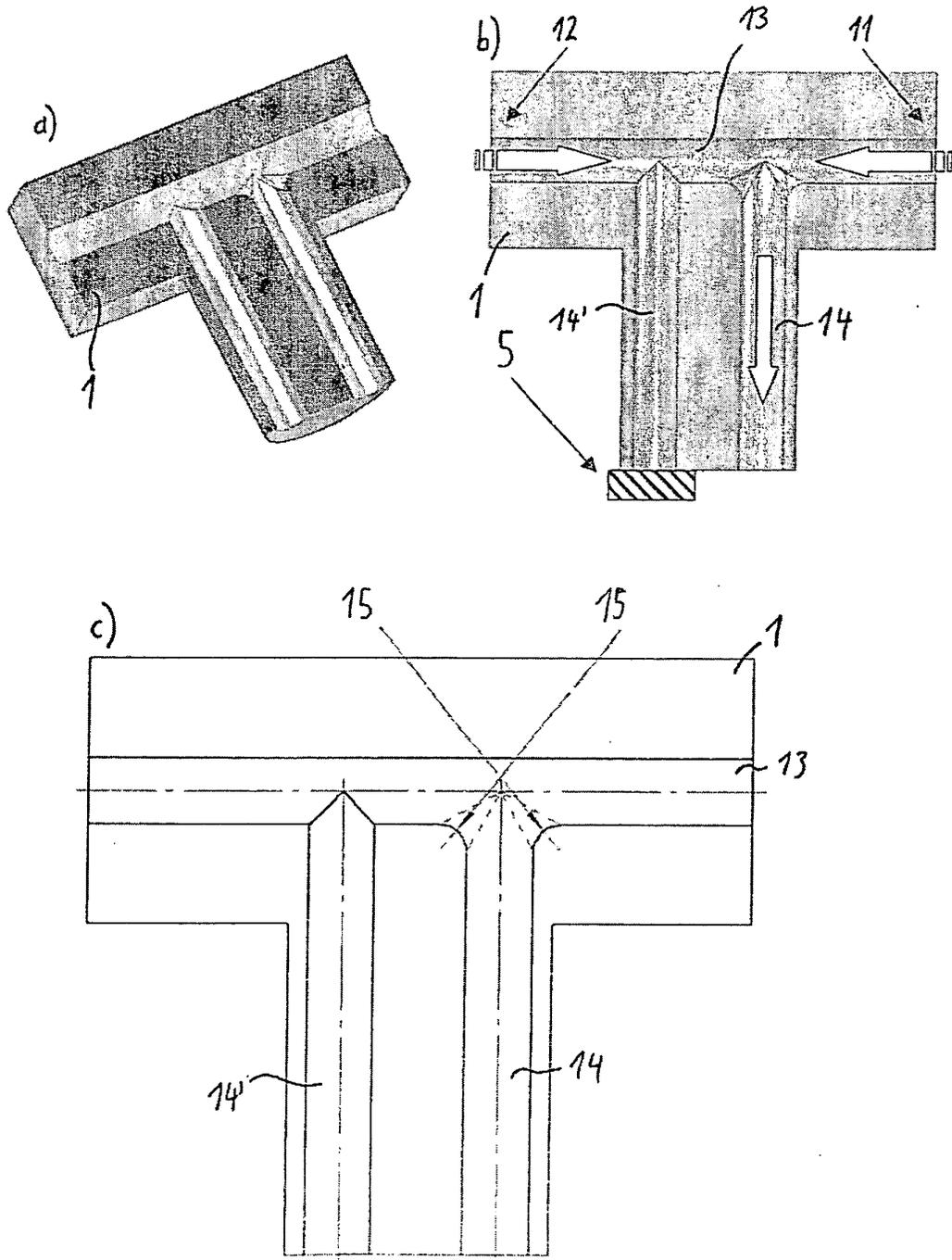


Fig. 4:

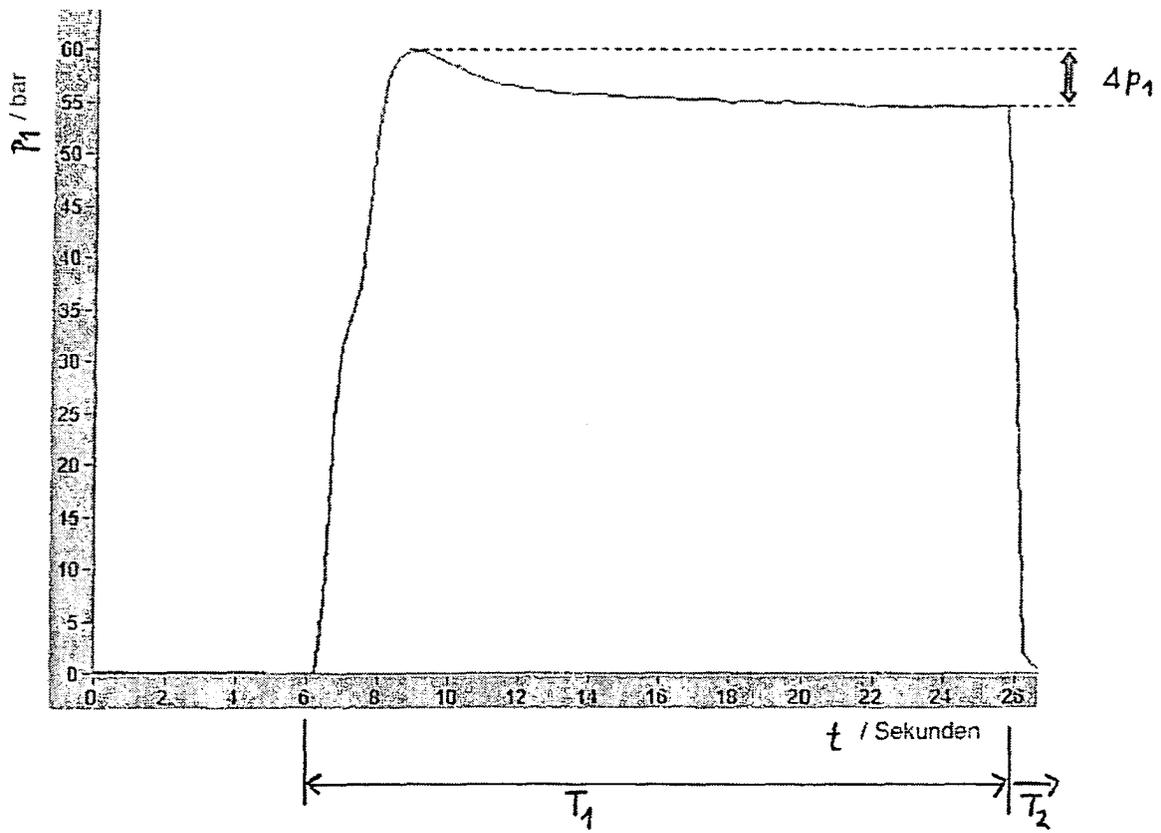


Fig. 5

