



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 450 018 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**25.08.2004 Patentblatt 2004/35**

(51) Int Cl.7: **F01N 7/18, F01D 25/26**

(21) Anmeldenummer: **03027224.9**

(22) Anmeldetag: **28.11.2003**

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

(72) Erfinder:  
• **Riekers, Ralf, Dr.**  
**70182 Stuttgart (DE)**  
• **Tauschek, Thomas**  
**73760 Esslingen (DE)**

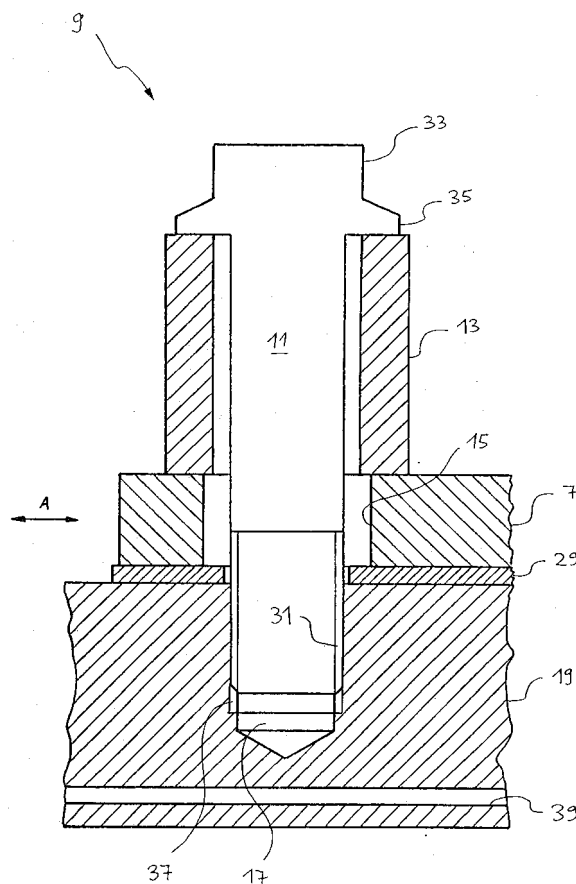
(30) Priorität: **18.02.2003 DE 10306790**

(74) Vertreter: **Thallinger, Wolfgang**  
**c/o J. Eberspächer GmbH & Co.KG,**  
**Patentabteilung,**  
**Postfach 10 03 61**  
**73703 Esslingen (DE)**

(71) Anmelder: **J. Eberspächer GmbH & Co. KG**  
**73730 Esslingen (DE)**

(54) **Befestigungssystem und Verfahren zum Festlegen eines Auspuffkrümmers an einer Verbrennungskraftmaschine, und Verbrennungskraftmaschinenanordnung**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Befestigungssystem (9) zum Festlegen eines Auspuffkrümmers (5) an einer Verbrennungskraftmaschine (1), wobei das Befestigungssystem (9) umfasst: einen Bolzen (11) mit einem zur Befestigung an der Verbrennungskraftmaschine ausgebildeten ersten Ende, eine Hülse (13) mit einem Innendurchmesser, welcher größer ist als ein Außendurchmesser des Bolzens (11), wobei ein erstes Ende der Hülse (13) zur Abstützung an einem Flansch (7) des Auspuffkrümmers (5) vorgesehen ist und ein zweites Ende der Hülse (13) zur Abstützung an einem Widerlager (35) vorgesehen ist, welches an einem zweiten Ende des Bolzens (11) anbringbar ist, und wobei ein Wärmeausdehnungskoeffizient eines Materials des Bolzens (11) größer ist als ein Wärmeausdehnungskoeffizient eines Materials der Hülse (13).



*Fig. 2*

EP 1 450 018 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Befestigungssystem und ein Verfahren zum Festlegen eines Auspuffkrümmers an einer Verbrennungskraftmaschine, sowie eine Verbrennungskraftmaschinenanordnung mit dem Befestigungssystem.

**[0002]** An Verbrennungskraftmaschinen befestigte Auspuffkrümmer unterliegen im Betrieb der Verbrennungskraftmaschine hohen Temperaturbelastungen. Dadurch finden thermische Ausdehnungen des Auspuffkrümmers statt. Werden die thermischen Ausdehnungen zwangsweise durch die Art der Befestigung des Auspuffkrümmers unterdrückt, kann es im Material des Auspuffkrümmers, welches in der Regel ein Metall ist, zu Verspannungen in der Struktur kommen, wobei eine Fließgrenze des verwendeten Materiales für den Auspuffkrümmer oftmals überschritten wird, wodurch die Struktur plastisch deformiert.

**[0003]** Beim Abkühlen des Materiales zieht sich das Material wieder zusammen, d.h. der Auspuffkrümmer will wieder in seine Ausgangslage zurückkehren. In den Bereichen, wo eine plastische Deformation aufgetreten ist, stellen sich jetzt mechanische Spannungen mit entgegengesetztem Vorzeichen ein, welche durchaus die gleiche oder eine noch höhere Größenordnung erreichen können, und wobei wieder plastisches Fließen eintreten kann. Hierdurch kann die Struktur des Materials des Auspuffkrümmers nachhaltig geschädigt werden.

**[0004]** Bei Auspuffkrümmern mit einzelnen Flanschverbindungen zur Verbrennungskraftmaschine, wobei die einzelnen Flansche in der Regel an einem Zylinderkopf der Verbrennungskraftmaschine festgelegt werden, ist die gesamte thermische Ausdehnung der Krümmerstruktur in der Flanschlängsachse oftmals weitaus größer als die thermische Ausdehnung des Zylinderkopfes der Verbrennungskraftmaschine in der gleichen Richtung. Bei einer formschlüssigen Festlegung der Flansche am Zylinderkopf der Verbrennungskraftmaschine kommt es daher zu einer Behinderung der thermischen Ausdehnung der Krümmerstruktur, was eine sofortige Spannungserhöhung in der Materialstruktur zur Folge hat.

**[0005]** Daher erfolgt in der Regel eine reibkraftschlüssige Festlegung der Flansche am Zylinderkopf der Verbrennungskraftmaschine, bei der die Flansche die Möglichkeit haben, auf dem Zylinderkopf hin und her zu gleiten. Man spricht in diesem Fall von sogenanntem Flanschgleiten. In der Regel ist zwischen Flansch und Zylinderkopf noch eine Dichtung angeordnet, wobei dann die Flansche auf der Dichtung hin und her gleiten. Allerdings müssen natürlich die Andruckkräfte der Flansche auf die Dichtung noch entsprechend groß sein, um Dichtigkeit zwischen Zylinderkopf, Dichtung und Flansch zu gewährleisten.

**[0006]** Die Flansche werden in herkömmlicher Weise z.B. mit Bolzen am Zylinderkopf befestigt, indem die Bolzen durch Öffnungen in den Flanschen gesteckt wer-

den, und dann mit im Zylinderkopf angeordneten Gewindelöchern verschraubt werden. Dabei wirkt eine Klemmkraft vom Kopf des Bolzens auf die Flansche, womit die oben erwähnte Dichtigkeit erzielt wird.

**[0007]** Aufgrund des Flanschgleitens können Scherkräfte auftreten, welche auf den Bolzenschaft bzw. den Bolzenkopf wirken, und im Extremfall zur Beschädigung des Bolzens führen können. Um diese Scherkräfte herabzusetzen, werden herkömmlicherweise Distanzhülsen zwischen Bolzenkopf und Flansch angeordnet. Dabei müssen die Bolzen eine der Länge der Distanzhülsen entsprechende Länge aufweisen. Die Distanzhülsen erlauben es den entsprechend verlängerten Bolzen bei einem Flanschgleiten sich elastisch zu biegen, ohne dabei beschädigt zu werden.

**[0008]** Die für die Dichtigkeit der Flansch-Zylinderkopf-Verbindung notwendige Klemmkraft wird nun vom Bolzenkopf über die Distanzhülse auf den Flansch übertragen.

**[0009]** Es ist demgemäß eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Befestigungssystem zum Festlegen eines Auspuffkrümmers an einer Verbrennungskraftmaschine vorzuschlagen.

**[0010]** Hierzu schlägt die Erfindung unter einem ersten Aspekt ein Befestigungssystem zum Festlegen eines Auspuffkrümmers an einer Verbrennungskraftmaschine vor, wobei das Befestigungssystem einen Bolzen mit einem zur Befestigung an der Verbrennungskraftmaschine ausgebildeten ersten Ende, und eine Hülse mit einem Innendurchmesser, welcher größer ist als ein Außendurchmesser des Bolzens, umfasst, wobei ein erstes Ende der Hülse zur Abstützung an einem Flansch des Auspuffkrümmers vorgesehen ist und ein zweites Ende der Hülse zur Abstützung an einem Widerlager vorgesehen ist, welches an einem zweiten Ende des Bolzens anbringbar ist, und wobei ein Wärmeausdehnungskoeffizient eines Materials des Bolzens größer ist als ein Wärmeausdehnungskoeffizient eines Materials der Hülse.

**[0011]** Die Verbrennungskraftmaschine wird im Betrieb in der Regel mit einem Kühlmittel gekühlt, z.B. mit Wasser. Die in dem ebenfalls gekühlten Zylinderkopf steckenden Bolzen weisen entlang ihres Schaftes Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen auf, da der im gekühlten Zylinderkopf steckende Bolzenschaft mitgekühlt wird, und vom Auspuffkrümmer ausstrahlende Wärme den Bolzen vom Kopf her erwärmt.

**[0012]** Die Distanzhülsen weisen eine im Mittel höhere Temperatur auf als die Bolzen, da sie nicht in dem Maße vom gekühlten Zylinderkopf mitgekühlt werden wie die Bolzen.

**[0013]** Der auf diese Weise erzielte Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass bei Betrieb der Verbrennungskraftmaschine, d.h. bei erhitztem Auspuffkrümmer und somit erhitzter Distanzhülse bzw. Bolzen, und bei gleichzeitiger Kühlung des Zylinderkopfes und damit auch des Bolzens, durch eine Auswahl der Materialien für den Bolzen bzw. für die Hülse die Klemm-

kraft einem gewünschten Wert entspricht, welcher ein Flanschgleiten während des Betriebs der Verbrennungskraftmaschine zulässt, wodurch mechanische Verspannungen am Auspuffkrümmer vermieden werden können.

**[0014]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der Bolzen an seinem ersten Ende ein Schraubgewinde zur Schraubverbindung mit der Verbrennungskraftmaschine auf.

**[0015]** Es wird bevorzugt, dass das Widerlager mit dem zweiten Ende des Bolzens fest, insbesondere integral, verbunden ist.

**[0016]** Zweckmäßigerweise weist der Bolzen an seinem zweiten Ende ein Schraubgewinde zur Schraubverbindung mit dem Widerlager auf.

**[0017]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Widerlager eine Schraubmutter.

**[0018]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die Hülse mehrere axial hintereinander angeordnete Teilhülsen. Somit lässt sich eine Klemmkraft, die sich im Betrieb der Verbrennungskraftmaschine an der Verbindung von Bolzen, Distanzhülse und Flansch ergibt, durch Auswahl jeweils verschiedener Wärmeausdehnungskoeffizienten für die Teilhülsen fein steuern.

**[0019]** Dabei wird bevorzugt, dass wenigstens zwei Teilhülsen aus voneinander verschiedenen Materialien gefertigt sind.

**[0020]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind der Wärmeausdehnungskoeffizient des Bolzens, der Wärmeausdehnungskoeffizient und eine Länge der Hülse derart aufeinander abgestimmt, dass bei an der Verbrennungskraftmaschine festgelegtem Auspuffkrümmer ein Zug in dem Bolzen im Wesentlichen unabhängig von einer Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine ist.

**[0021]** Vorzugsweise sind der Wärmeausdehnungskoeffizient des Bolzens, der Wärmeausdehnungskoeffizient und eine Länge der Hülse derart aufeinander abgestimmt, dass bei an der Verbrennungskraftmaschine festgelegtem Auspuffkrümmer ein Zug in dem Bolzen bei kalter Verbrennungskraftmaschine einen ersten Wert  $Z_1$  aufweist und bei einer Soll-Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine einen zweiten Wert  $Z_2$  aufweist, mit:

$$(Z_1 - Z_2) / Z_1 = x.$$

**[0022]** Hierbei ist zweckmäßigerweise  $x \leq 0,3$ , bevorzugterweise  $x < 0,25$ , und noch bevorzugter  $x < 0,2$ . Ferner gilt insbesondere  $x \geq 0$ .

**[0023]** Typische Werte von  $Z_1$  bzw.  $Z_2$  liegen im Bereich von 10 bis 15 kN, und zwar für Bolzen mit einem Kerndurchmesser von etwa 7 bis 8 mm (entspricht M7- bzw. M8-Bolzen).

**[0024]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Material des Bolzens ein austenitisches Stahl-

material.

**[0025]** In noch weiterer Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Material der Hülse ein ferritisches Stahlmaterial.

5 **[0026]** Vorzugsweise umfasst das Stahlmaterial ein legiertes oder ein unlegiertes Stahlmaterial.

**[0027]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weist der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials des Bolzens einen ersten Wert  $\alpha_1$  und der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials der Hülse einen zweiten Wert  $\alpha_2$  auf, mit:

$$(\alpha_1 - \alpha_2) / \alpha_1 = y.$$

15 **[0028]** Hierbei ist zweckmäßigerweise  $y \leq 0,3$ , bevorzugterweise  $y < 0,25$ , und noch bevorzugter  $y < 0,2$ . Ferner gilt vorzugsweise  $y \geq 0,1$  und bevorzugterweise  $y \geq 0,05$ .

20 **[0029]** Typische Werte für  $\alpha_1$  bzw.  $\alpha_2$  sind:

$$\alpha_1 = 16 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K bei } 20^\circ \text{C},$$

$$25 \quad \alpha_1 = 18 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K bei } 400^\circ \text{C},$$

und

$$30 \quad \alpha_2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K bei } 20^\circ \text{C},$$

$$35 \quad \alpha_2 = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K bei } 400^\circ \text{C}.$$

**[0030]** Unter einem weiteren Aspekt umfasst die vorliegende Erfindung eine Verbrennungskraftmaschinenanordnung mit einer Verbrennungskraftmaschine und einem Auspuffkrümmer, wobei der Auspuffkrümmer mit dem Befestigungssystem nach den obigen Erfindungsmerkmalen an der Verbrennungskraftmaschine festgelegt ist.

**[0031]** In bevorzugter Ausführungsform der Erfindung ist der Auspuffkrümmer an einem Zylinderkopf der Verbrennungskraftmaschine festgelegt.

**[0032]** In einer noch weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist zwischen Verbrennungskraftmaschine und Auspuffkrümmer eine Dichtung angeordnet.

50 **[0033]** Unter einem weiteren Aspekt umfasst die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Festlegen eines Auspuffkrümmers an einer Verbrennungskraftmaschine, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Bereitstellen eines Befestigungssystems, welches wenigstens einen Bolzen und eine Hülse umfasst, Anordnen des Bolzens, der Hülse und des Auspuffkrümmers relativ zu der Verbrennungskraftmaschine, und zwar derart, dass der Bolzen mit einem ersten Ende dessel-

ben an der Verbrennungskraftmaschine befestigt ist, der Bolzen einen Flansch des Auspuffkrümmers durchsetzt, die Hülse den Bolzen umgreift und axial zwischen dem Flansch und einem an einem zweiten Ende des Bolzens angebrachten Widerlager angeordnet ist, Annähern des Widerlagers an die Verbrennungskraftmaschine, so dass sich die Hülse einerseits an dem Flansch und andererseits an dem Widerlager abstützt und den Flansch gegen die Verbrennungskraftmaschine presst, wobei ein Wärmeausdehnungskoeffizient eines Materials des Bolzens größer ist als ein Wärmeausdehnungskoeffizient eines Materials der Hülse.

**[0034]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung umfasst das Ermitteln jeweils wenigstens einer Temperatur der Hülse und des Bolzens während eines Dauerbetriebs der Verbrennungskraftmaschine, das Bilden jeweils einer mittleren Temperatur der Hülse und des Bolzens und das Abstimmen von dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des Bolzens, dem Wärmeausdehnungskoeffizienten und einer Länge der Hülse derart aufeinander aufgrund der wenigstens einen Temperatur, dass ein Zug in dem Bolzen bei kalter Verbrennungskraftmaschine einen ersten Wert  $Z_1$  aufweist und während des Dauerbetriebs einen zweiten Wert  $Z_2$  aufweist, mit:

$$(Z_1 - Z_2) / Z_1 = x.$$

**[0035]** Hierbei ist zweckmäßigerweise  $x \leq 0,3$ , bevorzugterweise  $x < 0,25$ , und noch bevorzugter  $x < 0,2$ . Ferner gilt vorzugsweise  $x \geq 0$ .

**[0036]** Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt bzw. zeigen:

- |                  |   |
|------------------|---|
| Figur 1          | eine schematische Verbrennungskraftmaschine mit Auspuffkrümmer mit einem Befestigungssystem als eine erste Ausführungsform der Erfindung, |
| Figur 2          | eine Detailansicht von Figur 1,   |
| Figur 3          | eine Detailansicht einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,   |
| Figur 4          | eine Detailansicht einer dritten Ausführungsform der Erfindung,   |
| Figur 5          | ein Temperaturprofil anhand des Beispiels der ersten Ausführungsform gemäß Figur 2 bei Betrieb der Verbrennungskraftmaschine und          |
| Figur 6, Figur 7 | verschiedene Bauformen von Auspuffkrümmern.   |

**[0037]** Figur 1 stellt eine Verbrennungskraftmaschine 1 dar (hier schematisch dargestellt), welche einen Zylinderkopf 3 mit daran angeflanschem Auspuffkrümmer 5 umfasst.

5 **[0038]** Der Auspuffkrümmer 5 ist in gegossener Weise ausgebildet, wobei drei Auspuffkrümmerrohre 23 und ein Abgassammelrohr 27 integral miteinander verbunden sind. Die Auspuffkrümmerrohre 23 sind jeweils mit einem Flansch 7 ausgebildet, welche Öffnungen 21 der Auspuffkrümmerrohre 23 umgeben.

10 **[0039]** Die Flansche 7 sind am Zylinderkopf 3 der Verbrennungskraftmaschine 1 mit Hilfe von jeweils zwei Befestigungssystemen 9 am Zylinderkopf 3 festgelegt.

15 **[0040]** Die Befestigungssysteme 9 umfassen jeweils aus einem Bolzen 11 und einer Hülse 13. Die Bolzen 11 sind durch Öffnungen in den Flanschen 7 gesteckt und mit dem Zylinderkopf 3 mittels Gewindelöcher 17 in einer Wand 19 des Zylinderkopfes 3 verschraubt. Eine genauere Beschreibung der ersten Ausführungsform folgt weiter unten mit der Beschreibung der Figur 2.

20 **[0041]** Die Flansche 7 umgeben Öffnungen 21 der Auspuffkrümmerrohre 23, welche in integraler Weise zusammen mit einem Auspuffkrümmersammelrohr 27 den Auspuffkrümmer 5 bilden.

25 **[0042]** Der Auspuffkrümmer 5 ist mit seinen Einzelanschlüssen 7 derart gegenüber dem Zylinderkopf 3 mit Abgasausstoßöffnungen 25 ausgerichtet, dass die Öffnungen 21 der Auspuffkrümmerrohre 23 gegenüber den Abgasausstoßöffnungen 25 angeordnet sind. Durch die Abgasausstoßöffnungen 25 ausgestoßenes Abgas wird über das Abgassammelrohr 27 weitergeleitet, z.B. zu einem (hier nicht dargestellten) Abgaskatalysator.

30 **[0043]** Zwischen Flanschen 7 und Zylinderkopf 3 ist eine Dichtung 29 angeordnet, welche die Verbindung zwischen Flanschen 7 und Zylinderkopf 3 abdichtet.

35 **[0044]** Figur 2 ist eine Detailansicht eines der in Figur 1 dargestellten Befestigungssysteme 9 in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Gleiche Bezugsnummern bezeichnen dabei gleiche Elemente.

40 **[0045]** Ein Flansch 7 mit einer Öffnung 15 ist auf folgende Weise an einer Zylinderkopfwand 19 festgelegt:

**[0046]** In der Öffnung 15 des Flansches 7 ist ein Bolzen 11 angeordnet. Der Durchmesser der Öffnung 15 im Flansch 7 ist derart, daß ein Flanschgleiten des Flansches 7 in den Richtungen des Doppelpfeiles A bei Zu- bzw. Abnahme der Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine zugelassen wird.

**[0047]** Der Bolzen 11 weist an seinem einen Ende ein Außengewinde 31 auf, welches mit einem Innengewinde 37 in einem in der Zylinderkopfwand 19 befindlichen Gewindeloch 17 verschraubt ist.

50 **[0048]** An seinem anderen Ende weist der Bolzen 11b einen Bolzenkopf 33 auf, welcher integral mit dem Bolzen 11 gebildet ist.

55 **[0049]** Das Material des Bolzens 11 ist ein austenitisches Stahlmaterial mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $\alpha_1 = 18 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$  bei  $400^\circ\text{C}$ .

**[0050]** Zwischen Bolzenkopf 33 und Flansch 7 ist eine

Distanzhülse 13 angeordnet.

**[0051]** Die Distanzhülse 13 stützt sich an ihrem einen Ende am Bolzenkopf 33, welcher somit als Widerlager 35 dient, und an ihrem anderen Ende am Flansch 7 ab.

**[0052]** Die Distanzhülse 13 ist einstückig aus einem ferritischen Stahlmaterial mit einem Wärmeausdehnungskoeffizient von  $\alpha_2 = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$  bei  $400^\circ\text{C}$  ausgebildet.

**[0053]** Zwischen Flansch 7 und Zylinderkopfwand 19 ist eine Dichtung 29 zur Abdichtung der Verbindung von Flansch 7 und Zylinderkopfwand 19 angeordnet.

**[0054]** Zylinderkopfwand 19 ist mit einem Strömungskanal 39 ausgebildet, durch welchen ein Kühlmittel (hier nicht dargestellt) zur Kühlung des Zylinderkopfes strömt.

**[0055]** Figur 3 stellt ein Befestigungssystem 9a dar, welches eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. Gleiche Bezugsnummern bezeichnen dabei gleiche Elemente.

**[0056]** Ein Flansch 7a mit einer Öffnung 15a ist auf folgende Weise an einer Zylinderkopfwand 19a festgelegt:

**[0057]** In der Öffnung 15a des Flansches 7a ist ein Bolzen 11a angeordnet. Der Durchmesser der Öffnung 15a im Flansch 7a ist derart, daß ein Flanschgleiten des Flansches 7a in den Richtungen des Doppelpfeiles A bei Zu- bzw. Abnahme der Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine zugelassen wird.

**[0058]** Der Bolzen 11a weist an seinem einen Ende ein Außengewinde 31a auf, welches mit einem Innengewinde 37a in einem in der Zylinderkopfwand 19a befindlichen Gewindeloch 17a verschraubt ist.

**[0059]** An seinem anderen Ende weist der Bolzen 11a ein Außengewinde 41 auf, auf welches ein Widerlager 35a geschraubt ist. Das Widerlager 35a ist in diesem Fall eine Schraubmutter 43.

**[0060]** Zwischen Widerlager 35a und Flansch 7a ist eine Distanzhülse 13a angeordnet, welche sich an ihrem einen Ende am Widerlager 35a und an ihrem anderen Ende am Flansch 7a abstützt.

**[0061]** Zwischen Flansch 7a und Zylinderkopfwand 19a ist eine Dichtung 29a zur Abdichtung der Verbindung von Flansch 7a und Zylinderkopfwand 19a angeordnet.

**[0062]** Zylinderkopfwand 19a ist mit einem Strömungskanal 39a ausgebildet, durch welchen ein Kühlmittel (hier nicht dargestellt) zur Kühlung des Zylinderkopfes strömt.

**[0063]** Figur 4 stellt ein Befestigungssystem 9b dar, welches eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. Gleiche Bezugsnummern bezeichnen dabei gleiche Elemente.

**[0064]** Ein Flansch 7b mit einer Öffnung 15b ist auf folgende Weise an einer Zylinderkopfwand 19b festgelegt:

**[0065]** In der Öffnung 15b des Flansches 7b ist ein Bolzen 11b angeordnet. Der Durchmesser der Öffnung 15b im Flansch 7b ist derart, daß ein Flanschgleiten des

Flansches 7b in den Richtungen des Doppelpfeiles A bei Zu- bzw. Abnahme der Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine zugelassen wird.

**[0066]** Der Bolzen 11b weist an seinem einen Ende ein Außengewinde 31b auf, welches mit einem Innengewinde 37b in einem in der Zylinderkopfwand 19b befindlichen Gewindeloch 17b verschraubt ist.

**[0067]** An seinem anderen Ende weist der Bolzen 11b einen Bolzenkopf 33b auf, welcher integral mit dem Bolzen 11b gebildet ist.

**[0068]** Zwischen Bolzenkopf 33b und Flansch 7b ist eine Distanzhülse 13b angeordnet, welche aus zwei axial hintereinander angeordneten Teilhülsen 13' und 13'' gebildet ist. Die beiden Teilhülsen 13' und 13'' sind hierbei aus voneinander verschiedenen Materialien mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten gefertigt.

**[0069]** Distanzhülse 13b stützt sich an ihrem einen Ende am Bolzenkopf 33b, welcher somit als Widerlager 35b dient, und an ihrem anderen Ende am Flansch 7b ab.

**[0070]** Zwischen Flansch 7b und Zylinderkopfwand 19b ist eine Dichtung 29b zur Abdichtung der Verbindung von Flansch 7a und Zylinderkopfwand 19a angeordnet.

**[0071]** Zylinderkopfwand 19b ist mit einem Strömungskanal 39b ausgebildet, durch welchen ein Kühlmittel (hier nicht dargestellt) zur Kühlung des Zylinderkopfes strömt.

**[0072]** Figur 5 stellt ein Temperaturprofil des in Figur 2 dargestellten Befestigungssystems 9 bei Betrieb der Verbrennungskraftmaschine dar. Gleiche Bezugsnummern bezeichnen wiederum gleiche Elemente.

**[0073]** Es sind hier die verschiedenen Komponenten, d.h. Bolzen 11 mit Kopf 33, Hülse 13, Flansch 7, Dichtung 29 und Zylinderwand 19, in Temperaturbereiche eingeteilt, welche sich bei Betrieb der Verbrennungskraftmaschine 1 ergeben.

**[0074]** Dabei wird Wärme aufgrund von Konvektion von den Auspuffkrümmerrohren 23 (siehe hierzu Figur 1) abgestrahlt, wobei die sich nahe der Auspuffkrümmerrohre 23 befindlichen Bolzenköpfe und Distanzhülsen 13 erwärmt werden.

**[0075]** Da die Bolzen mit ihrem anderen Ende in der gekühlten Zylinderkopfwand 19 stecken, werden die Bolzen von diesem Ende her gekühlt.

**[0076]** Es ergeben sich Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen. Diese Bereiche sind in Figur 5 durch Linien voneinander getrennt, wobei einem jeden Bereich ein Temperaturwert zugeordnet ist, welcher die Temperatur für den jeweiligen Bereich angibt. Dabei ist zu erkennen, dass der Bolzen 11 eine Temperaturverteilung aufweist, welche sich von  $165^\circ\text{C}$  an seinem unteren ersten Ende, welches in der gekühlten Zylinderkopfwand 9 steckt, bis zu einer Temperatur von  $320^\circ\text{C}$  an seinem Kopfende 33 erstreckt.

**[0077]** Die Hülse 13 dagegen weist eine Temperaturverteilung auf, welche sich von  $310^\circ\text{C}$  an ihrem ersten

unteren Ende bis zu 330°C an ihrem zweiten oberen Ende erstreckt.

**[0078]** Aufgrund der ermittelten Temperaturen von Distanzhülse 13 und Bolzen 11 ist der Wärmeausdehnungskoeffizient der Distanzhülse 13 in dem Maße geringer gewählt als der Wärmeausdehnungskoeffizient des Bolzens 11, daß die vom Bolzenkopf 33 über die Distanzhülse 13 auf den Flansch 7 ausgeübte Kraft F (angedeutet durch Pfeile F, F) bei Betrieb der Verbrennungskraftmaschine in etwa angenähert gleich der im kalten Zustand der Verbrennungskraftmaschine eingestellten Kraft ist.

**[0079]** Das Abstimmen der Wärmeausdehnungskoeffizienten von Distanzhülse 13 und Bolzen 11 kann auch durch eine aus den ermittelten Temperaturen gebildete mittlere Temperatur jeweils für die Distanzhülse 13 und den Bolzen 11 durchgeführt werden.

**[0080]** Bei Zu- bzw. Abnahme der Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine gleitet der Flansch 7 in den Richtungen des Doppelpfeiles A. Es treten keine mechanischen Verspannungen am Auspuffkrümmer auf.

**[0081]** Figuren 6 und 7 stellen eine Auswahl verschiedener Bauformen I bis IV von Auspuffkrümmern 5c bis 5f dar, für welche das erfindungsgemäße Befestigungssystem verwendet wird.

**[0082]** Verbrennungskraftmaschinen mit Zylinderkopf, an welche die Auspuffkrümmer 5c bis 5f angeflanscht sind, sind hier - ebenso wie Dichtungen zwischen Flansch und Zylinderkopf - der Übersichtlichkeit wegen jeweils nicht dargestellt.

**[0083]** Bauform I stellt einen Auspuffkrümmer 5c im Querschnitt dar, welcher als Blechkrümmer in Schalenbauweise ausgebildet ist, wobei Flansche 7c jeweils an Auspuffkrümmerrohren 23c mit Schweißnähten 45c angeschweißt sind. Auspuffkrümmerrohre 23c sind integral miteinander verbunden. Die Flansche 7c weisen Öffnungen 15c auf, welche hier einfachheitshalber mit deren strichpunktieren Mittellinien angedeutet sind.

**[0084]** Die Öffnungen 15c sind dazu ausgelegt, jeweils ein erfindungsgemäßes Befestigungssystem, d.h. Bolzen und Distanzhülse (hier nicht dargestellt), aufzunehmen.

**[0085]** Bauformen II und III stellen Auspuffkrümmer 5d bzw. 5e dar, welche als Rohrkrümmer ausgebildet sind, wobei Flansche 7d bzw. 7e jeweils an Auspuffkrümmerrohren 23d bzw. 23e befestigt sind.

**[0086]** Die Flansche 7d bzw. 7e weisen Öffnungen 15d bzw. 15e auf, welche hier einfachheitshalber mit deren strichpunktieren Mittellinien angedeutet sind.

**[0087]** Die Öffnungen 15d bzw. 15e sind dazu ausgelegt, jeweils ein erfindungsgemäßes Befestigungssystem, d.h. Bolzen und Distanzhülse (hier nicht dargestellt), aufzunehmen.

**[0088]** Bauform IV stellt einen Auspuffkrümmer 5f dar, welcher mit integral miteinander verbundenen Auspuffkrümmerrohren 23f ausgebildet ist, und zusätzlich ein einzelnes Auspuffkrümmerrohr 23f aufweist.

**[0089]** Die beiden Auspuffkrümmerrohre 23f münden in einem einzigen Flansch 7f, welcher die Auspuffkrümmerrohre 23f sozusagen miteinander verbindet, und das zusätzliche Auspuffkrümmerrohr 23f weist einen einzelnen Flansch 7f auf, welcher nicht mit Flansch 7f der Auspuffkrümmerrohre 23f verbunden ist.

**[0090]** Die Flansche 7f, 7f weisen Öffnungen 15f, 15f auf, welche hier wiederum einfachheitshalber mit deren strichpunktieren Mittellinien angedeutet sind.

**[0091]** Die Öffnungen 15f können herkömmliche Befestigungssysteme aufnehmen, wobei sich die Klemmkraft mit zunehmender Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine erhöht, um dem Bestreben des Flansches 7f, sich bei erhöhter Temperatur an den Seiten vom Zylinderkopf abzuheben, entgegenzuwirken.

**[0092]** Im Gegensatz dazu werden für die Öffnungen 15f erfindungsgemäße Befestigungssysteme verwendet, um dem Flansch 7f bei Zu- oder Abnahme der Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine ein Gleiten auf dem Zylinderkopf in Richtung des Doppelpfeiles A zu ermöglichen.

## Patentansprüche

1. Befestigungssystem (9) zum Festlegen eines Auspuffkrümmers (5) an einer Verbrennungskraftmaschine (1), umfassend:

einen Bolzen (11) mit einem zur Befestigung an der Verbrennungskraftmaschine ausgebildeten ersten Ende,

eine Hülse (13) mit einem Innendurchmesser, welcher größer ist als ein Außendurchmesser des Bolzens (11), wobei ein erstes Ende der Hülse (13) zur Abstützung an einem Flansch (7) des Auspuffkrümmers (5) vorgesehen ist und ein zweites Ende der Hülse (13) zur Abstützung an einem Widerlager (35) vorgesehen ist, welches an einem zweiten Ende des Bolzens (11) anbringbar ist,

### dadurch gekennzeichnet, daß

ein Wärmeausdehnungskoeffizient eines Materials des Bolzens (11) größer ist als ein Wärmeausdehnungskoeffizient eines Materials der Hülse (13).

2. Befestigungssystem (9) nach Anspruch 1, wobei der Bolzen (11) an seinem ersten Ende ein Schraubgewinde (31) zur Schraubverbindung mit der Verbrennungskraftmaschine (1) aufweist.

3. Befestigungssystem (9) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Widerlager (35) mit dem zweiten Ende des Bolzens fest, insbesondere integral, verbunden ist.

4. Befestigungssystem (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Bolzen (11) an seinem zweiten Ende ein Schraubgewinde (41) zur Schraubverbindung mit dem Widerlager (35a) aufweist.

5

5. Befestigungssystem (9) nach Anspruch 4, wobei das Widerlager (35a) eine Schraubmutter (43) umfaßt.

6. Befestigungssystem (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Hülse (13b) mehrere axial hintereinander angeordnete Teilhülsen (13', 13'') umfaßt.

10

7. Befestigungssystem (9) nach Anspruch 6, wobei wenigstens zwei Teilhülsen (13', 13'') aus voneinander verschiedenen Materialien gefertigt sind.

15

8. Befestigungssystem (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Wärmeausdehnungskoeffizient des Bolzens (11), der Wärmeausdehnungskoeffizient und eine Länge der Hülse (13) derart aufeinander abgestimmt sind, daß bei an der Verbrennungskraftmaschine (1) festgelegtem Auspuffkrümmer (5) ein Zug in dem Bolzen (11) im wesentlichen unabhängig von einer Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine (1) ist.

20

25

9. Befestigungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Wärmeausdehnungskoeffizient des Bolzens (11), der Wärmeausdehnungskoeffizient und eine Länge der Hülse (13) derart aufeinander abgestimmt sind, daß bei an der Verbrennungskraftmaschine (1) festgelegtem Auspuffkrümmer (5) ein Zug in dem Bolzen (11) bei kalter Verbrennungskraftmaschine (1) einen ersten Wert  $Z_1$  aufweist und bei einer Soll-Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine (1) einen zweiten Wert  $Z_2$  aufweist, wobei gilt:

30

35

$$(Z_1 - Z_2) / Z_1 = x \leq 0,3.$$

40

10. Befestigungssystem (9) nach Anspruch 9, wobei gilt:

45

$$x < 0,25, \text{ insbesondere } x < 0,2, \text{ und/oder } x \geq 0.$$

11. Befestigungssystem (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Material des Bolzens (11) ein austenitisches Stahlmaterial umfaßt.

50

12. Befestigungssystem (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das Material der Hülse (13) ein ferritisches Stahlmaterial umfaßt.

55

13. Befestigungssystem (9) nach Anspruch 12, wobei das Stahlmaterial ein legiertes oder ein unlegiertes Stahlmaterial umfaßt.

14. Befestigungssystem (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials des Bolzens (11) einen ersten Wert  $\alpha_1$  aufweist und der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials der Hülse (13) einen zweiten Wert  $\alpha_2$  aufweist und wobei gilt:

$$(\alpha_1 - \alpha_2) / \alpha_1 = y < 0,3.$$

15. Befestigungssystem (9) nach Anspruch 14, wobei gilt:

$$y < 0,25, \text{ insbesondere } y < 0,2, \text{ sowie } y > 0,05, \text{ insbesondere } y > 0,1.$$

16. Verbrennungskraftmaschinenanordnung mit einer Verbrennungskraftmaschine (1) und einem Auspuffkrümmer (5), wobei der Auspuffkrümmer (5) mit dem Befestigungssystem (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 an der Verbrennungskraftmaschine (1) festgelegt ist.

17. Verbrennungskraftmaschinenanordnung nach Anspruch 16, wobei der Auspuffkrümmer (5) an einem Zylinderkopf (3) der Verbrennungskraftmaschine (1) festgelegt ist.

18. Verbrennungskraftmaschinenanordnung nach Anspruch 16 oder 17, wobei zwischen der Verbrennungskraftmaschine (1) und dem Auspuffkrümmer (5) eine Dichtung (29) angeordnet ist.

19. Verfahren zum Festlegen eines Auspuffkrümmers (5) an einer Verbrennungskraftmaschine (1), umfassend:

Bereitstellen eines Befestigungssystems (9), welches wenigstens einen Bolzen (11) und eine Hülse (13) umfaßt,

Anordnen des Bolzens (11), der Hülse (13) und des Auspuffkrümmers (5) relativ zu der Verbrennungskraftmaschine (1) derart, daß der Bolzen (11) mit einem ersten Ende desselben an der Verbrennungskraftmaschine (1) befestigt ist, der Bolzen (11) einen Flansch (7) des Auspuffkrümmers (5) durchsetzt, die Hülse (13) den Bolzen (11) umgreift und axial zwischen dem Flansch (7) und einem an einem zweiten Ende des Bolzens (11) angebrachten Widerlager (35) angeordnet ist,

Annähern des Widerlagers (35) an die Verbrennungskraftmaschine (1), so daß sich die Hülse (13) einerseits an dem Flansch (7) und andererseits an dem Widerlager (35) abstützt und den Flansch (7) gegen die Verbrennungskraft-

maschine (1) preßt,

dadurch gekennzeichnet, daß  
ein Wärmeausdehnungskoeffizient eines Materials  
des Bolzens (11) größer ist als ein Wärmeausdehnungs- 5  
koeffizient eines Materials der Hülse (13).

**20.** Verfahren nach Anspruch 19, wobei das Befestigungssystem (9) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 verwendet wird. 10

**21.** Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, ferner umfassend:

Ermitteln jeweils wenigstens einer Temperatur 15  
der Hülse (13) und des Bolzens (11) während  
eines Dauerbetriebs der Verbrennungskraft-  
maschine (1), Bilden jeweils einer mittleren  
Temperatur der Hülse (13) und des Bolzens  
(11) und Abstimmen von dem Wärmeausdehnungs- 20  
koeffizienten des Bolzens (11), dem  
Wärmeausdehnungskoeffizienten und einer  
Länge der Hülse (13) derart aufeinander auf-  
grund der wenigstens einen Temperatur, daß  
ein Zug in dem Bolzen (11) bei kalter Verbren- 25  
nungskraftmaschine (1) einen ersten Wert  $Z_1$   
aufweist und während des Dauerbetriebs einen  
zweiten Wert  $Z_2$  aufweist, wobei gilt:

$$(Z_1 - Z_2) / Z_1 = x \leq 0,3. \quad 30$$

35

40

45

50

55



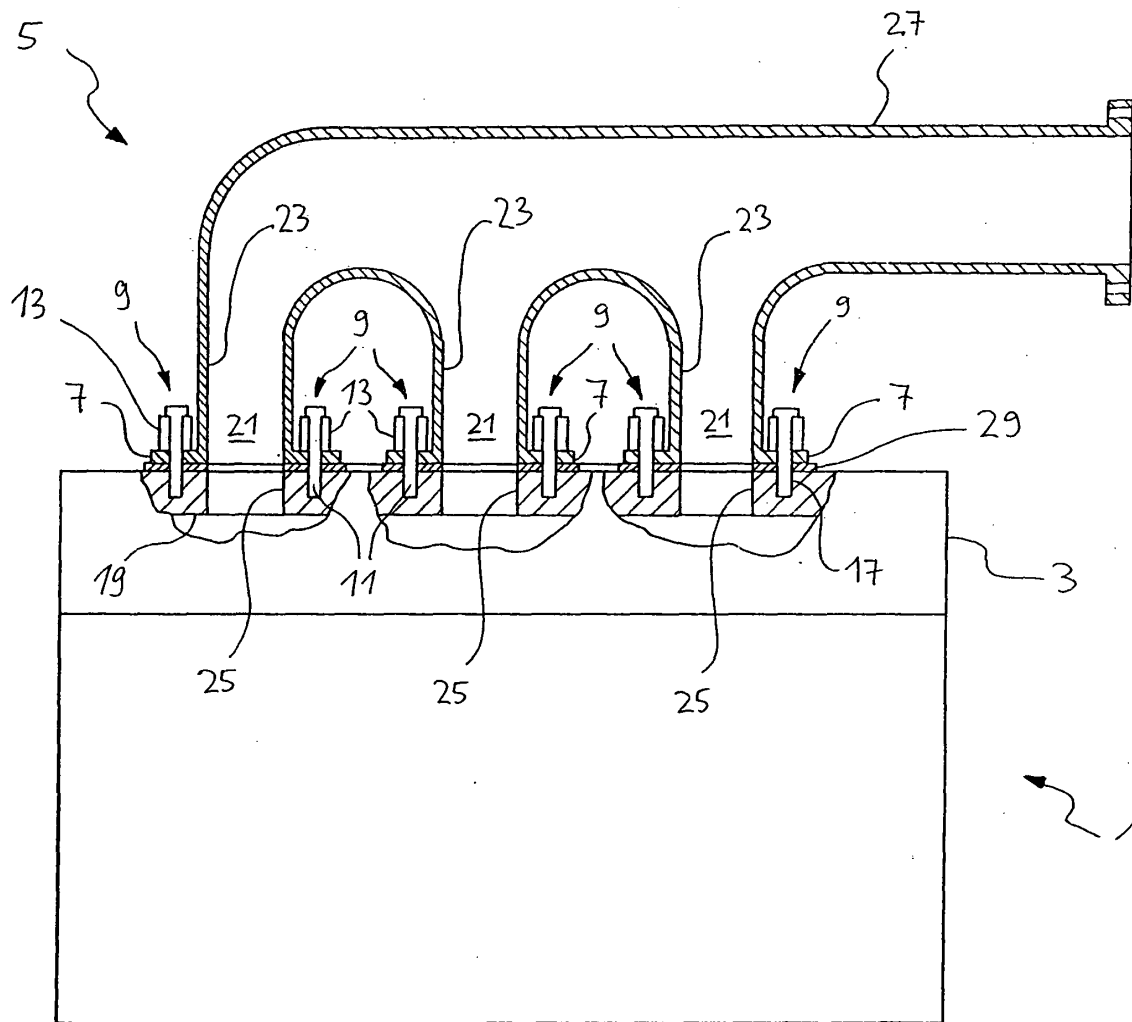


Fig. 1

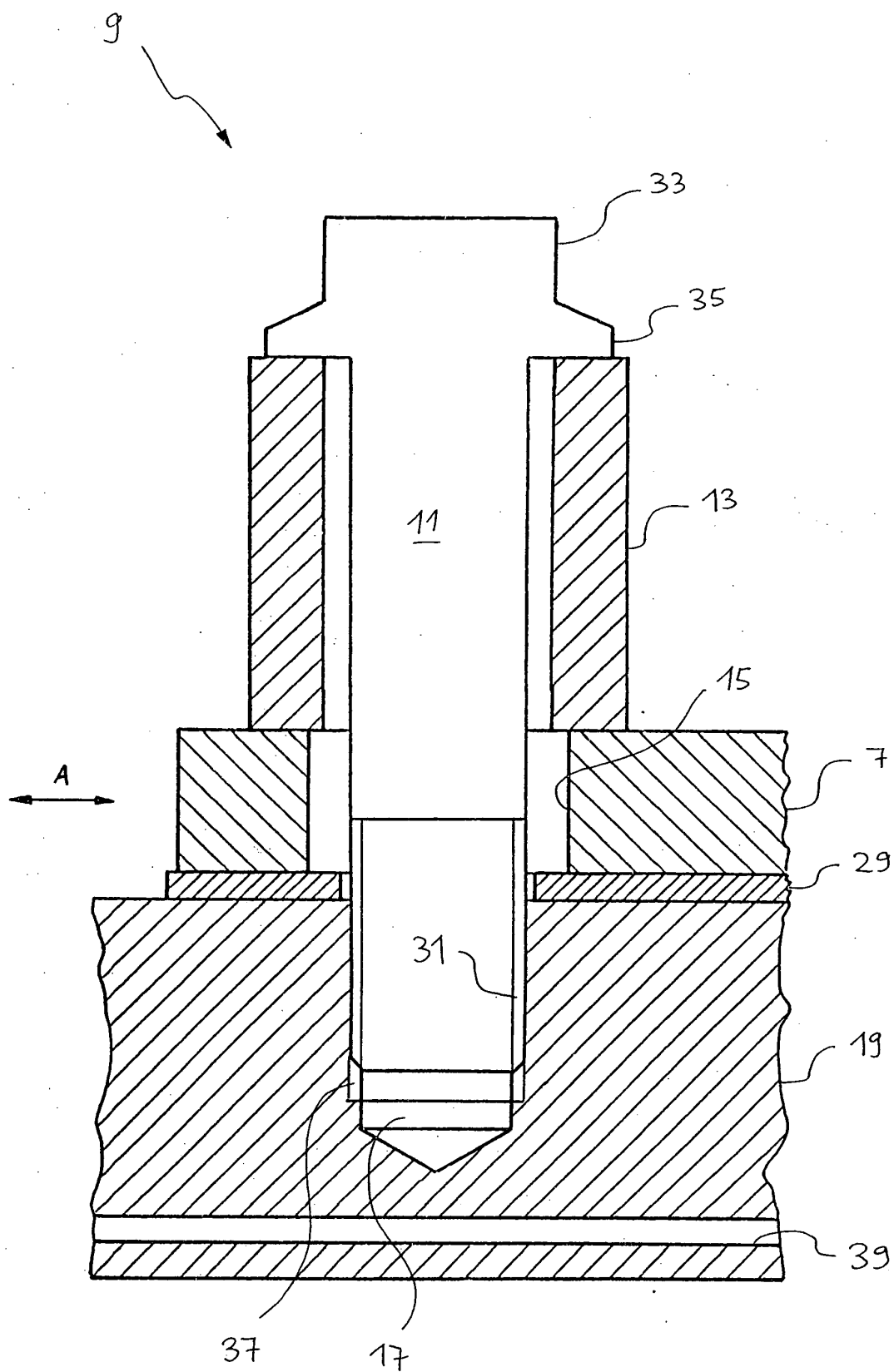


Fig. 2

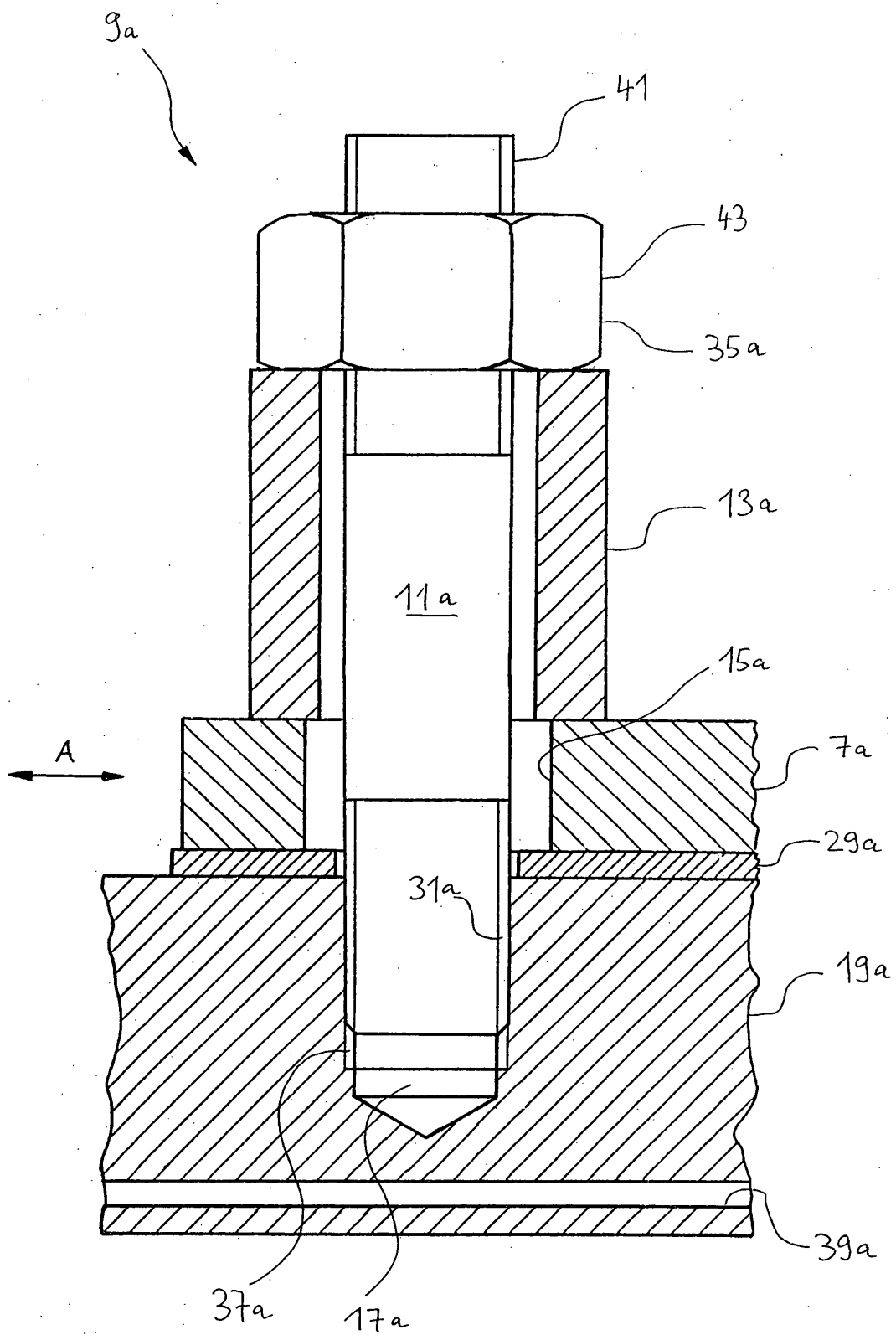


Fig. 3

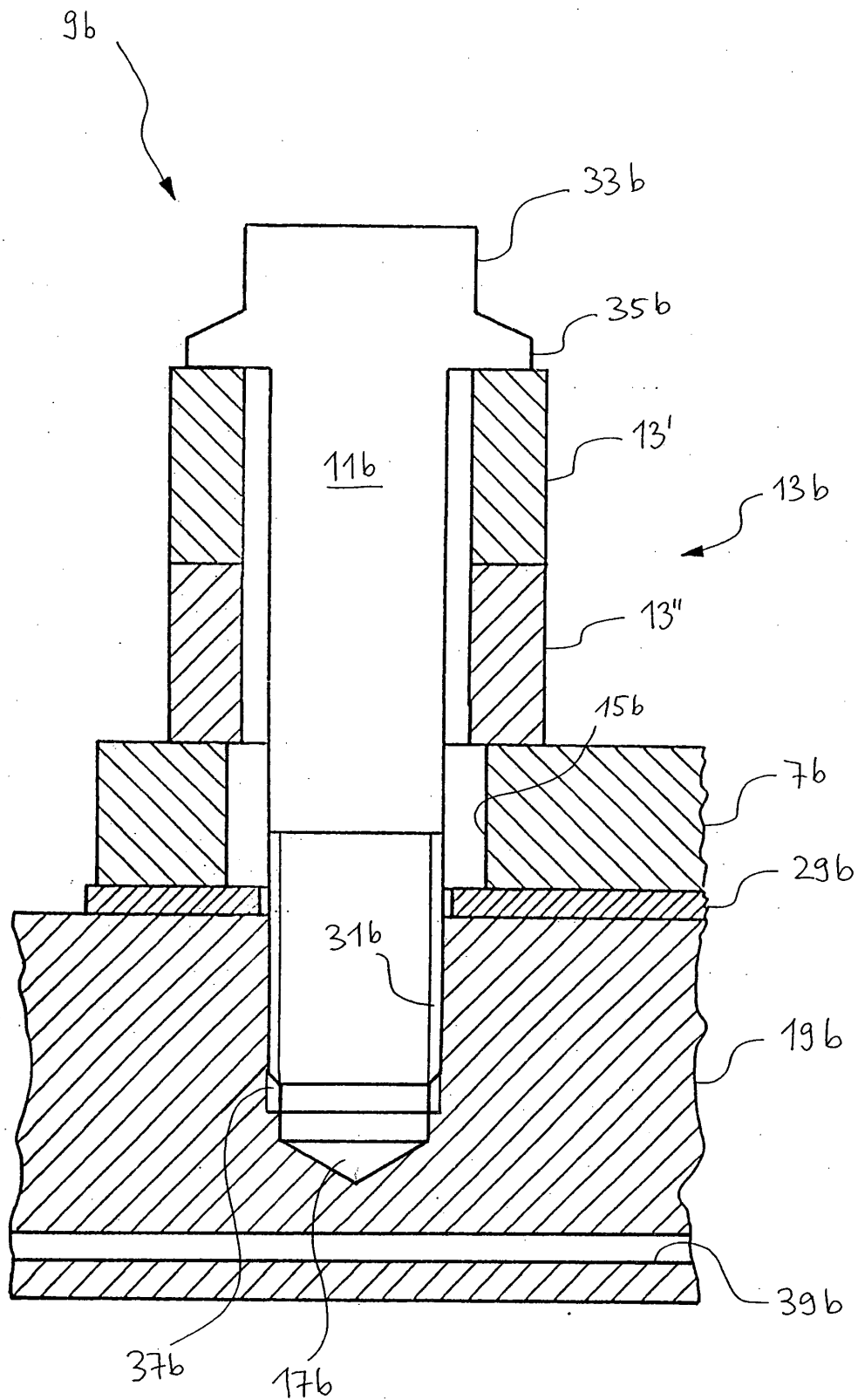


Fig. 4

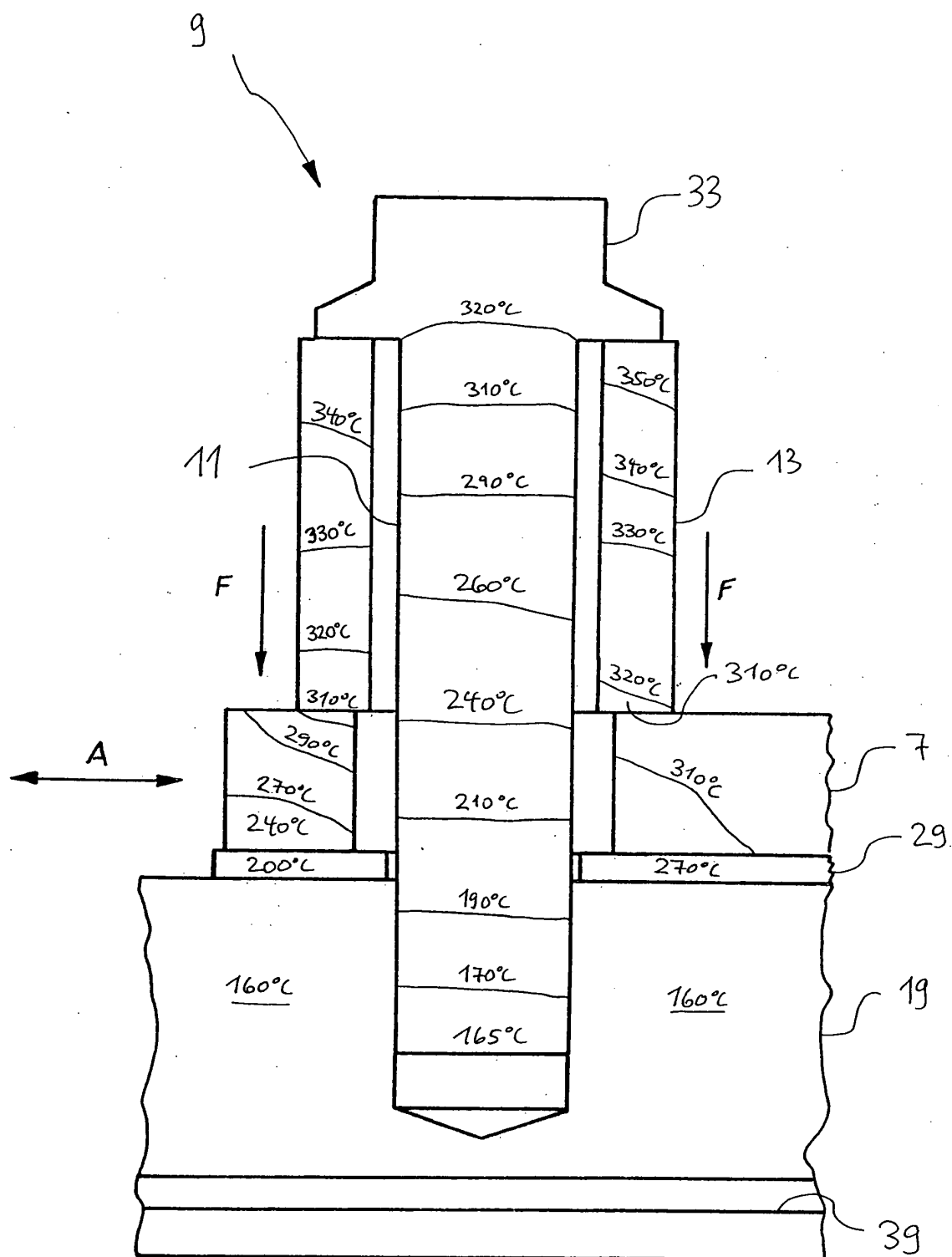
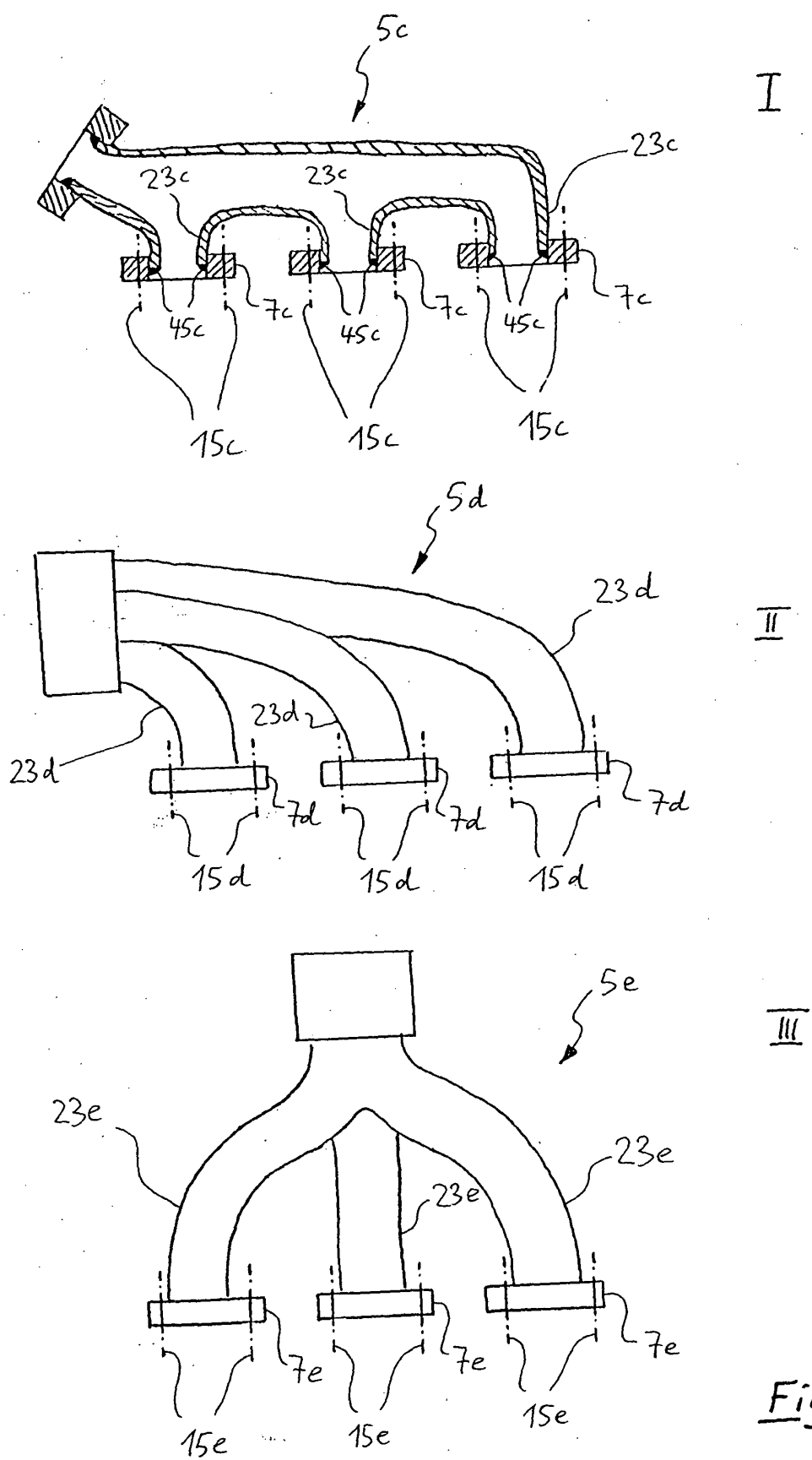


Fig. 5



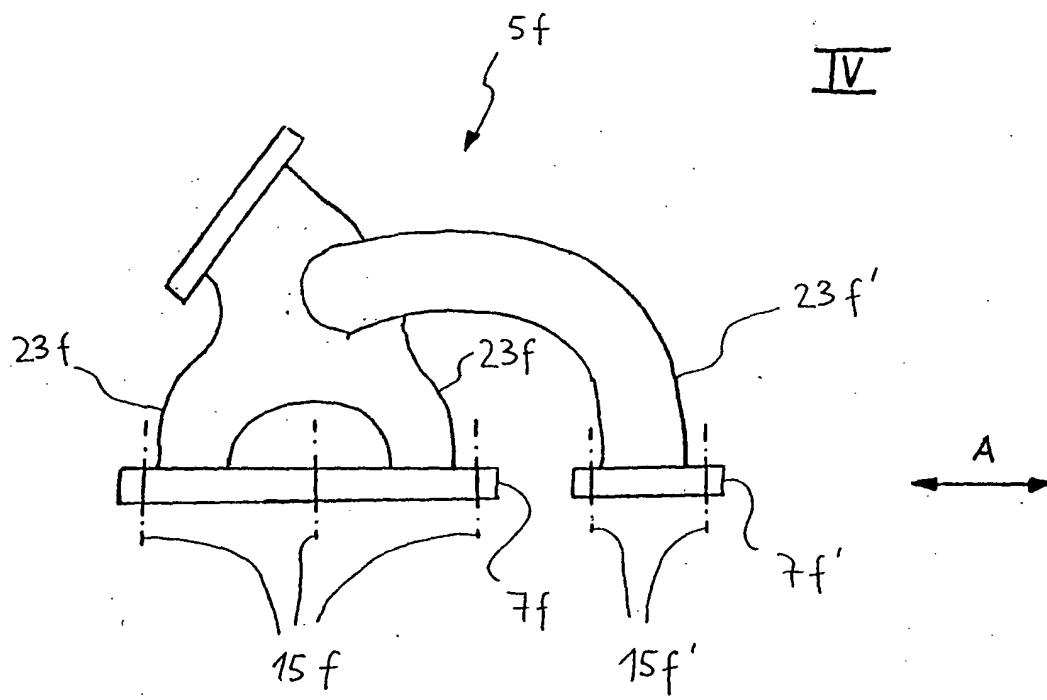


Fig. 7



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 03 02 7224

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
Y	DE 195 41 676 A (CATERPILLAR INC) 15. Mai 1996 (1996-05-15) * Spalte 2, Zeile 56 - Spalte 4, Zeile 22; Abbildungen 1,3 *	1,2,4,5, 8,16-20	F01N7/18 F01D25/26
Y	GB 891 381 A (ERNST MAHLE;HERMANN MAHLE) 14. März 1962 (1962-03-14) * Seite 2, Zeile 38 - Seite 2, Zeile 54; Ansprüche 1-4; Abbildung 1 *	1,2,4,5, 8,16-20	
A	DE 199 20 822 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 16. November 2000 (2000-11-16) * das ganze Dokument *	1,19	
A	DE 197 26 750 A (KUBOTH JOSEF) 7. Januar 1999 (1999-01-07) * Spalte 3, Zeile 38 - Spalte 4, Zeile 11; Ansprüche 1,2; Abbildung 1 *	1,19	
A	DE 198 17 827 A (IAV MOTOR GMBH) 28. Oktober 1999 (1999-10-28) * Spalte 2, Zeile 4 - Spalte 2, Zeile 30 *	1,19	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F01N F01D F02F F16B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>MÜNCHEN</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>6. Februar 2004</b>	Prüfer <b>Tatus, W</b>
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503.03.82 (P04C03)



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 03 02 7224

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-02-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19541676	A	15-05-1996	US 5566548 A 22-10-1996
			DE 19541676 A1 15-05-1996
			ES 2120872 A1 01-11-1998
			JP 8200059 A 06-08-1996
-----			
GB 891381	A	14-03-1962	KEINE
-----			
DE 19920822	A	16-11-2000	DE 19920822 A1 16-11-2000
			US 6327854 B1 11-12-2001
-----			
DE 19726750	A	07-01-1999	DE 19726750 A1 07-01-1999
-----			
DE 19817827	A	28-10-1999	DE 19817827 A1 28-10-1999
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82