



(11)

EP 1 538 327 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
16.06.2010 Patentblatt 2010/24

(51) Int Cl.:
F02F 1/40 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03104538.8**

(22) Anmeldetag: **04.12.2003**

(54) **Zylinderkopf mit einem Kühlmittelmantel, der einen Kühlmantelkern und eine Entlüftungsleiste umfasst**

Cylinder head with a cooling jacket that contains a cooling core and a venting channel

Culasse avec chemise de refroidissement qui contient un noyau de coulée et conduit d'aération

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.06.2005 Patentblatt 2005/23

(73) Patentinhaber: **Ford Global Technologies, LLC, A subsidiary of Ford Motor Company Dearborn, MI 48126 (US)**

(72) Erfinder:
• **Bingen, Guido**
51149 Köln (DE)

• **Mehring, Jan**
50670 Köln (DE)
• **Kaufeld, Harald**
50259 Pulheim (DE)

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten et al Ford-Werke Aktiengesellschaft Patentabteilung NH/DRP Henry-Ford-Strasse 1 50725 Köln (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 134 579 EP-A- 0 486 771
EP-A- 0 984 149 WO-A-96/09467
FR-A- 1 006 447 US-A- 4 553 505

EP 1 538 327 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine mit einem Kühlmittelmantel, umfassend einen einteiligen Kühlmantelkern und mindestens eine Entlüftungsleiste.

[0002] Die bei der Verbrennung durch die exotherme, chemische Umwandlung des Kraftstoffes freigesetzte Wärme wird teilweise über die den Brennraum begrenzenden Wandungen an den Zylinderkopf und den Zylinderblock und teilweise über den Abgasstrom an die angrenzenden Bauteile und die Umgebung abgeführt. Um die thermische Belastung des Zylinderkopfes in Grenzen zu halten, muß ein Teil des in den Zylinderkopf eingeleiteten Wärmestromes dem Zylinderkopf wieder entzogen werden. Die von der Oberfläche der Brennkraftmaschine über Strahlung und Wärmeleitung an die Umgebung abgeführte Wärmemenge ist für eine effiziente Kühlung nicht ausreichend, weshalb in der Regel mittels erzwungener Konvektion gezielt eine Kühlung des Zylinderkopfes herbeigeführt wird.

[0003] Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die Kühlung in Gestalt einer Luftkühlung oder einer Flüssigkeitskühlung auszuführen. Bei der Luftkühlung wird die Brennkraftmaschine mit einem Gebläse versehen, wobei der Wärmeabtransport mittels über die Oberfläche des Zylinderkopfes geführte Luftströmungen erfolgt.

[0004] Hingegen erfordert die Flüssigkeitskühlung die Ausstattung der Brennkraftmaschine bzw. des Zylinderkopfes mit einem Kühlmittelmantel d. h. die Anordnung von das Kühlmittel durch den Zylinderkopf führenden Kühlmittelkanälen, was zu einer überaus komplexen Struktur der Zylinderkopfkonstruktion führt. Dabei wird der mechanisch und thermisch hochbelastete Zylinderkopf durch das Einbringen der Kühlmittelkanäle einerseits in seiner Festigkeit geschwächt. Andererseits muß die Wärme nicht wie bei der Luftkühlung erst an die Zylinderkopfoberfläche geleitet werden, um abgeführt zu werden. Die Wärme wird bereits im Inneren des Zylinderkopfes an das Kühlmittel, in der Regel mit Additiven versetztes Wasser, abgegeben. Das Kühlmittel wird dabei mittels einer im Kühlkreislauf angeordneten Pumpe gefördert, so daß es im Kühlmittelmantel zirkuliert. Die an das Kühlmittel abgegebene Wärme wird auf diese Weise aus dem Inneren des Zylinderkopfes abgeführt und in einem Wärmetauscher dem Kühlmittel wieder entzogen.

[0005] Aufgrund der wesentlichen höheren Wärmekapazität von Flüssigkeiten gegenüber Luft, können mit der Flüssigkeitskühlung wesentlich größere Wärmemengen abgeführt werden als dies mit einer Luftkühlung möglich ist.

[0006] Berücksichtigt man weiter, daß sich eine Entwicklung hin zu kleinen, hochaufgeladenen Motoren vollzogen hat und weiter vollzieht, wird ersichtlich, daß in der Praxis die Flüssigkeitskühlung von wesentlich höherer Relevanz ist als die Luftkühlung, denn die thermische Belastung ist bei hochaufgeladenen Motoren im Ver-

gleich zu herkömmlichen Brennkraftmaschinen größer. Dabei ist die Aufladung in erster Linie ein Verfahren zur Leistungssteigerung, bei dem die für den motorischen Verbrennungsprozeß benötigte Luft verdichtet wird, so daß pro Arbeitsspiel eine größere Luftmasse in den Brennraum gelangt. Dadurch kann die Kraftstoffmasse gesteigert werden. Bei gezielter Auslegung der Aufladung können ebenfalls Vorteile im Wirkungsgrad und bei den Abgasemissionen erzielt werden.

[0007] Aus diesem Grunde ist auch die Flüssigkeitskühlung bzw. ein Zylinderkopf mit einem Kühlmittelmantel, der einen einteiligen Kühlmantelkern und mindestens eine Entlüftungsleiste aufweist, Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

[0008] Der Kühlmantelkern soll dabei einteilig ausgebildet sein in Abgrenzung zu den zwei- oder mehrteiligen Kühlmantelkernen, bei denen der Kühlmittelraum durch die Anordnung einer Zwischenwandung in einen ersten und einen zweiten Kühlmittelraum und gegebenenfalls in weitere Kühlmittelräume, die miteinander in Verbindung stehen können, unterteilt wird. Mehrteilige Kühlmantelkerne verfügen tendenziell über ein größeres Kühlmittelvolumen, weshalb die Warmlaufphase der Brennkraftmaschine nach einem Kaltstart mehr Zeit in Anspruch nimmt, wodurch der Motor seine Betriebstemperatur später erreicht und die Emissionen, insbesondere der unverbrannten Kohlenwasserstoffe, und der Kraftstoffverbrauch höher sind.

[0009] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist unter Kühlmantelkern der Teil des Kühlmittelmantels zu verstehen, in dem das Kühlmittel zur Wärmeaufnahme im Zylinderkopf zirkuliert, wohingegen die Entlüftungsleiste zwar auch Wärme vom Zylinderkopf aufnimmt, aber in erster Linie der Abführung von Luft- und Dampfblasen aus dem Kühlkreislauf dient. Die Hauptfunktion der Entlüftungsleiste ist daher - anders als beim Kühlmantelkern - nicht die Wärmeaufnahme, sondern die Entlüftung des Kühlmittelmantels.

[0010] Eine Entlüftungsvorrichtung bzw. Entlüftungsleiste ist ein wesentlicher und unverzichtbarer Bestandteil des Kühlmittelmantels. Verantwortlich hierfür sind im wesentlichen zwei Gründe.

[0011] Zum einen kann von außen Luft in den Kühlmittelkreislauf gelangen. Beispielsweise kann bei dem Auffüllen des Kühlmittelkreislaufes mit Kühlmittel oder dem Beimischen von Additiven zur Herabsetzung des Gefrierpunktes des Kühlmittels, was in der Regel erfolgt, um die Brennkraftmaschine winterauglich zu machen, ungewollt Luft in den Kühlkreislauf eindringen. Aber auch bei undichten Kühlkreisläufen, beispielsweise bei porösen Kühlmittelschläuchen, kann Luft eindringen.

[0012] Im denkbar ungünstigsten Szenario kann Luft im Kühlkreislauf zum Motorschaden d. h. zur Zerstörung der gesamten Brennkraftmaschine führen, wenn sich nämlich eine Luftblase in der Kühlmittelpumpe, welche zur Förderung des Kühlmittels vorzusehen ist, bildet und die Kühlmittelpumpe anfängt, Luft zu fördern, d. h. kein Kühlmittel mehr durch den Kühlkreislauf gepumpt wird.

In diesem Fall stellt die Kühlmittelpumpe gewissermaßen die Förderung ein, so daß die Kühlmittelzirkulation zum Erliegen kommt und das Kühlmittel und letztlich die Brennkraftmaschine mangels Wärmeabfuhr überhitzt und thermisch überlastet wird.

[0013] Aber selbst wenn das beschriebene Szenario nicht eintritt und die Luft teils mit dem Kühlmittel zirkuliert und sich teils im Kühlmittelkern an höher gelegenen Stellen, sogenannten lokalen Maxima, fängt und sammelt, ist Luft im Kühlkreislauf nachteilig für eine einwandfreie Funktion der Brennkraftmaschine. Denn die im Kühlkreislauf befindliche Luft verschlechtert infolge ihrer niedrigen Wärmekapazität, ihres niedrigen Wärmeübergangskoeffizienten und ihrer geringen Wärmeleitung die Wärmeabfuhr insgesamt.

[0014] Bedingt durch ihre niedrige Wärmekapazität kann Luft zum einen wesentlich geringere Wärmemengen aufnehmen als eine Flüssigkeit d. h. als das Kühlmittel. Zum anderen wird die aufgenommene Wärme innerhalb der Luftblasen aufgrund der schlechten Wärmeleitungseigenschaften von Luft nur unzureichend weitergeleitet. Darüber hinaus hat Luft einen niedrigeren Wärmeübergangskoeffizienten als eine Flüssigkeit, weshalb die Luft gewissermaßen eine Barriere bildet, durch die der Wärmeübergang vom Zylinderkopf bzw. Zylinderblock an den Kühlmantel verschlechtert wird. Die sich an lokalen Maxima sammelnde Luft, die an diesen Stellen über längere Zeit verweilt, kann an diesen Stellen zu lokalen Überhitzungen - sogenannten hot spots - führen. Neben der niedrigen Wärmekapazität, dem niedrigen Wärmeübergangskoeffizienten und den schlechten Wärmeleitungseigenschaften von Luft ist dafür vor allem die aufgrund der fehlenden Strömung nicht stattfindende Konvektion verantwortlich.

[0015] Zum anderen ist eine Entlüftungsvorrichtung nicht nur für die in das System eingedrungene Luft, sondern auch für die sich im System bildenden Kühlmitteldampfblasen bzw. deren Abführung erforderlich. Stellenweise verdampft das überhitzte Kühlmittel, wobei sich während des Siedevorganges an der Kühlmantelwandung zunächst der Wärmeübergang vom Zylinderkopf auf das Kühlmittel erhöht, bevor der Wärmeübergang sich dann infolge des geringeren Wärmeleitungskoeffizienten und der niedrigeren Wärmekapazität des Dampfes verringert d. h. verschlechtert. An Stellen lokaler Kühlkanalmaxima bilden sich häufig Totwassergebiete aus, in denen die Kühlmittelströmung zum Erliegen kommt, somit kein Wärmeübergang mittels Konvektion mehr gegeben ist und bei Verdampfung des Kühlmittels Überhitzungen des Zylinderkopfes - sogenannte hot spots - zu befürchten sind.

[0016] Des weiteren können die Kühlmitteldampfblasen bei Unterschreitung des Dampfdruckes wieder implodieren und zu Beschädigungen an der Kühlmantelwandung führen, weshalb man grundsätzlich bemüht ist, die Verdampfung von Kühlmittel zu verhindern bzw. bereits entstandene Kühlmitteldampfblasen über eine Entlüftungsvorrichtung abzuführen, bevor sie wieder implodieren,

um auf diese Weise die Gefahr von Beschädigungen infolge von durch die Implosion hervorgerufenen Druckwellen zu eliminieren.

[0017] Die lokalen Maxima im Kühlkreislauf sind sowohl im Hinblick auf die im Kreislauf befindliche Luft als auch im Hinblick auf die sich bildenden Dampfblasen überaus kritisch zu betrachten, da die sich hier sammelnden Blasen aufgrund der fehlenden oder zu schwachen Kühlmittelströmung nicht abtransportiert werden können.

[0018] In Figur 1 ist in einer perspektivischen Darstellung der Kühlmittelmantel (2) eines herkömmlichen Zylinderkopfes nach dem Stand der Technik dargestellt. Der Kühlmittelmantel (2) umfaßt einen Kühlmantelkern (3), den eigentlichen Kühlmittelkreislauf zur Wärmeaufnahme und -abfuhr aus dem Zylinderkopf, und eine Entlüftungsleiste (4) für die Abführung von Luft- und Dampfblasen aus dem Kühlmittelkreislauf.

[0019] Zu erkennen sind ebenfalls zwei sogenannte Entkernungsstellen (8) im Kühlmantelkern (3), die aus gußtechnischen Gründen vorzusehen sind und der Entfernung des Formsandes aus dem fertig gegossenen und abgekühlten Zylinderkopfrohr dienen. Der dargestellte Kühlmantel (3) ist gewissermaßen ein Abbild des Kühlmantelsandkerns der Gußform des Zylinderkopfes. Der Kühlkreislauf weist eine Vielzahl von lokalen Maxima auf und verfügt nicht über eine Ausgestaltung, welche die Entlüftung in vorteilhafter Weise unterstützt. Eine virtuelle auf den Kühlmantelkern (3) von oben aufgelegte Dachebene (5) verläuft parallel bzw. nahezu parallel zu einer gedachten horizontalen Ebene (6) bzw. zum Zylinderkopfboden (7). Oben und unten sind dabei im Rahmen der vorliegenden Erfindung dahingehend zu verstehen, daß der Zylinderkopfboden die Unterseite des Zylinderkopfes bildet. Wird also eine virtuelle Ebene von oben auf den Kühlmantelkern gelegt, so wird sie von der dem Zylinderkopfboden gegenüberliegenden Außenseite des Zylinderkopfes aufgelegt.

[0020] In der Einbaulage, in welcher der Zylinderkopfboden (7) gegenüber der horizontalen Ebene (6) entgegen dem Uhrzeigersinn um einen Winkel β geneigt ist, fällt die Dachebene in Richtung der Entlüftungsleiste (4) ab, so daß lokale Maxima vorhanden sind und die im Kühlkreislauf befindlichen Luft- und Dampfblasen nicht abgeführt werden, sondern im Kreislauf verbleiben.

[0021] Dokument EP0486771 zeigt einen Zylinderkopf mit zwei Ventilen pro Zylinder, wobei die virtuelle Dachebene, die sich auf dem Kühlmantel befindet, nicht horizontal ausgerichtet ist.

[0022] Vor diesem Hintergrund ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen flüssigkeitsgeköhlten Zylinderkopf der gattungsbildenden Art bereitzustellen, der mit einem Kühlmittelmantel ausgestattet ist, mit welchem die nach dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden und der insbesondere über eine optimierte Entlüftung verfügt, mit der sich die aus Luft- und Dampfblasen im Kühlkreislauf resultierenden Gefahren vermindern lassen.

[0023] Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine mit einem Kühlmittelmantel, der einen einteiligen Kühlmantelkern und mindestens eine Entlüftungsleiste umfaßt und dadurch gekennzeichnet ist, daß in der Einbaulage des Zylinderkopfes, in welcher der Zylinderkopfboden gegenüber einer horizontalen Ebene um einen Winkel β geneigt ist, eine virtuelle auf den Kühlmantelkern von oben aufgelegte Dachebene in Richtung der mindestens einen Entlüftungsleiste horizontal verläuft bzw. ansteigt, so daß die Dachebene mit der horizontalen Ebene in der Einbaulage einen Winkel $\alpha \geq 0^\circ$ bildet.

[0024] Der erfindungsgemäße Zylinderkopf verfügt damit über einen Kühlmittelmantel, welcher eine optimierte Entlüftung sicherstellt. Dadurch, daß in der Einbaulage die obersten Wandungen des Kühlmantelkerns in Richtung der Entlüftungsleiste ansteigen, wird die Abführung von Luft- und Dampfblasen in vorteilhafter Weise unterstützt.

[0025] Hierbei wird der Effekt ausgenutzt, daß die an den Gasblasen angreifenden Auftriebskräfte die im Kreislauf befindlichen Gase nach oben treiben, wo sie sich in Form von Blasen an den obersten Wandungen des Kühlmantelkerns sammeln. Da erfindungsgemäß diese obersten Wandungen in der Einbaulage des Zylinderkopfes in Richtung der Entlüftungsleiste ansteigen, werden die sich an den Wandungen sammelnden Blasen entlang der obersten Wandung zur Entlüftungsleiste hingeführt.

[0026] Selbst wenn der Winkel α zwischen der Dachebene und einer horizontalen Ebene in der Einbaulage 0° beträgt, also $\alpha = 0^\circ$ gilt, und die Dachebene horizontal verläuft, verfügt der erfindungsgemäße Zylinderkopf über seine optimierte Entlüftung. Zwar ist dann der Anteil der an den Gasblasen angreifenden Auftriebskräfte an dem Entlüftungsvorgang zu vernachlässigen, die Strömung reißt aber die sich an den obersten Wandungen sammelnden Blasen mit und führt sie ab, was bei einer fallenden Dachebene mit $\alpha < 0^\circ$ nicht gewährleistet ist.

[0027] Damit wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich einen flüssigkeitsgekühlten Zylinderkopf bereitzustellen, der über eine optimierte Entlüftung verfügt, mit der sich die Gefahren, die aus Luft- und Dampfblasen im Kühlkreislauf resultieren, vermindern lassen.

[0028] Mit anderen Worten läßt sich der erfindungsgemäße Zylinderkopf auch in der Weise beschreiben, daß, wenn der Zylinderkopfboden des Zylinderkopfes in der Einbaulage gegenüber einer horizontalen Ebene in der Art um einen Winkel β geneigt ist, daß die Entlüftungsleiste tiefer zu liegen kommt, eine virtuelle auf den Kühlmantelkern von oben aufgelegte Dachebene gegenüber dem Zylinderkopfboden um einen Winkel δ in der entgegengesetzten Richtung geneigt sein muß, wobei $|\delta| > |\beta|$ zu wählen ist.

[0029] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen der Winkel $\alpha < 45^\circ$, vorzugsweise $\alpha < 10^\circ$ ist.

[0030] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen in der Einbaulage des Zylinderkopfes - abgesehen von gußtechnisch nicht zu vermeidenden Ausnahmen, beispielsweise Entkernungsstellen - Außenwandungen des Kühlmantelkerns, die zu der Dachebene hin gewandt sind, in Richtung der mindestens einen Entlüftungsleiste stetig ansteigen, so daß sie keine lokalen Maxima aufweisen.

[0031] Die Problematik lokaler Maxima wurde bereits weiter oben angesprochen. An Stellen lokaler Kühlkanalmaxima bilden sich Totwassergebiete aus, in denen die Kühlmittelströmung zum Erliegen kommt, weshalb die sich hier sammelnden Luft und Dampfblasen nicht abtransportiert werden können und sogenannte hot spots d.h. Überhitzungen zu befürchten sind. Lokale Maxima sind daher grundsätzlich überaus kritisch. Eine Ausführungsform des Zylinderkopfes, die diese lokalen Maxima vermeidet bzw. ihre Anzahl minimiert, ist daher im Hinblick auf die Entlüftung als überaus vorteilhaft anzusehen, was zusätzlich zur Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe beiträgt.

[0032] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen die Dachebene mit dem Zylinderkopfboden einen Winkel δ bildet mit $9^\circ < \delta < 15^\circ$, vorzugsweise mit $11^\circ < \delta < 13^\circ$, wobei $|\delta| > |\beta|$ gilt.

[0033] Vorteilhaft ist diese Ausführungsform, weil der Zylinderkopf häufig in der Einbaulage gegenüber einer horizontalen Ebene in der Art um einen Winkel β geneigt ist, daß die Entlüftungsleiste tiefer zu liegen kommt, wobei $9^\circ < \beta < 15^\circ$ bzw. $11^\circ < \beta < 13^\circ$ gilt. Eine virtuelle, auf den Kühlmantelkern von oben aufgelegte Dachebene, die gegenüber dem Zylinderkopfboden um einen Winkel δ in der entgegengesetzten Richtung geneigt ist, wobei $|\delta| > |\beta|$ gilt, sorgt für eine in Richtung der Entlüftungsleiste ansteigende Dachebene.

[0034] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen die Brennkraftmaschine ein Reihenmotor, vorzugsweise ein Vier-Zylinder-Reihenmotor, ist.

[0035] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels gemäß den Figuren 1 bis 10 näher beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig. 1 in einer perspektivischen Darstellung den Kühlmittelmantel eines herkömmlichen Zylinderkopfes nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 in einer perspektivischen Darstellung den Kühlmittelmantel einer ersten Ausführungsform des Zylinderkopfes,

Fig. 3 eine erste Ausführungsform des Zylinderkopfes in einer Draufsicht auf den Zylinderboden,

Fig. 4 im Querschnitt die erste Ausführungsform des Zylinderkopfes entlang der in Fig. 3 angedeuteten Schnittebene I-I,

- Fig. 5 die in Fig. 4 dargestellte erste Ausführungsform des Zylinderkopfes in einer ersten Einbaulage,
- Fig. 6 die in Fig. 4 dargestellte erste Ausführungsform des Zylinderkopfes in einer zweiten Einbaulage,
- Fig. 7 im Querschnitt die erste Ausführungsform des Zylinderkopfes entlang der in Fig. 3 angedeuteten Schnittebene II-II,
- Fig. 8 die in Fig. 7 dargestellte erste Ausführungsform des Zylinderkopfes in einer ersten Einbaulage,
- Fig. 9 die in Fig. 7 dargestellte erste Ausführungsform des Zylinderkopfes in einer zweiten Einbaulage, und
- Fig. 10 im Querschnitt die erste Ausführungsform des Zylinderkopfes entlang der in Fig. 3 angedeuteten Schnittebene III-III in einer ersten Einbaulage.

[0036] Figur 1 wurde bereits im Zusammenhang mit der Beschreibung des Standes der Technik erläutert.

[0037] In Figur 2 ist in einer perspektivischen Darstellung der Kühlmittelmantel 2 einer ersten Ausführungsform des Zylinderkopfes dargestellt. Der Kühlmittelmantel 2 umfaßt einen einteiligen Kühlmantelkern 3, den eigentlichen Kühlmittelkreislauf, zur Wärmeaufnahme und -abfuhr aus dem Zylinderkopf, und eine in Gestalt einer Entlüftungsleiste 4 ausgebildete Entlüftungsvorrichtung zur Abführung von Luft- und Dampfblasen aus dem Kühlmittelkreislauf. Insoweit bestehen Ähnlichkeiten zu dem in Figur 1 dargestellten und bereits erläuterten herkömmlichen Zylinderkopf.

[0038] Der Kühlmantel 3 stellt ein Abbild des Kühlmantelsandkerns der Gußform des Zylinderkopfes dar. Im Kühlmantelkern 3 sind zwei Entkernungsstellen 8 vorgesehen, über welche der Formsand nach dem Gießvorgang aus dem abgekühlten Zylinderkopfhohling entfernt wird.

[0039] Eine virtuelle auf den Kühlmantelkern 3 von oben aufgelegte Dachebene 5 verläuft schräg d.h. die Dachebene 5 bildet einen Winkel δ mit dem Zylinderkopfboden 7, der in der in Figur 2 gezeigten Lage in einer gedachten horizontalen Ebene 6 zu liegen kommt.

[0040] Die von oben aufgelegte Dachebene 5 steigt in Richtung der mindestens einen Entlüftungsleiste 4 an, so daß die von den Auftriebskräften nach oben getriebenen Gase, die sich in Form von Blasen an den obersten Wandungen 15 des Kühlmantelkerns 3 sammeln, entlang dieser obersten Wandung 15 zur Entlüftungsleiste 4 hingeführt und aus dem Kühlkreislauf abgeführt werden. Hierbei wird der Effekt ausgenutzt, daß die an den Gasblasen angreifenden Auftriebskräfte die im Kreislauf

befindlichen Gase nach oben treiben.

[0041] Der Zylinderkopfboden 7 des Zylinderkopfes kann in der Einbaulage gegenüber einer horizontalen Ebene 6 in der Art um einen Winkel β geneigt sein, daß die Entlüftungsleiste 4 tiefer zu liegen kommt d. h. der Zylinderkopf kann entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht werden, ohne daß die Vorteile der erfindungsgemäßen Entlüftung verloren gehen, solange die virtuelle, auf den Kühlmantelkern 3 von oben aufgelegte Dachebene 5 mit der horizontalen Ebene 6 in der Einbaulage einen Winkel $\alpha > 0^\circ$ bildet.

[0042] Bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform bildet die Dachebene 5 mit dem Zylinderkopfboden 7 einen Winkel $\delta = 12^\circ$, so daß der Zylinderkopf um einen Winkel $\beta < 12^\circ$ entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht werden kann und die Dachebene 5 immer noch in Richtung der Entlüftungsleiste 4 mit $\alpha > 0^\circ$ ansteigt.

[0043] Figur 3 zeigt ein Fragment einer ersten Ausführungsform des Zylinderkopfes 1 in einer Draufsicht und zwar mit Blick auf den Zylinderboden 7, wobei der Zylinderkopf 1 durch die Seitenwand 13 und die beiden Außenwände 14 begrenzt wird.

[0044] Bei dem in Figur 3 dargestellten Zylinderkopf 1 handelt es sich um den Zylinderkopf 1 eines Vier-Zylinder-Reihenmotors, bei dem die Zylinder entlang der Zylinderkopflängsachse 16 in einer Reihe angeordnet sind und jeder Zylinder über zwei Einlaßöffnungen 11 und zwei Auslaßöffnungen 12 verfügt. In Figur 3 sind insgesamt drei Schnittebenen angedeutet, auf die im folgenden noch weiter eingegangen wird.

[0045] Dabei zeigt Figur 4 die erste Ausführungsform des Zylinderkopfes 1 im Querschnitt entlang der in Figur 3 angedeuteten Schnittebene I-I. Dieser Schnitt ist so gelegt, daß er einen einzelnen Zylinder mittig teilt.

[0046] In dieser Schnittebene I-I sind vier Teilkühlmantelkerne 3 zu erkennen, wovon zwei rechts und zwei links von einer mittig angeordneten Zündkerzenbohrung 20 angeordnet sind, die in den Brennraum mündet und dabei das Brennraumdach 19 durchstößt. Rechts von der Zündkerzenbohrung 20 ist der Einlaßkanal 17 und links von der Zündkerzenbohrung 20 der Auslaßkanal 8 zu erkennen. Eine von oben auf den Kühlmantelkern 3 aufgelegte virtuelle Dachebene 5 steigt in Richtung der Entlüftungsleiste 4 an und bildet mit einer horizontalen Ebene 6 einen Winkel $\alpha = 12^\circ$.

[0047] Dabei liegen die obersten Wandungen 15 des Kühlmantelkerns 3 in der virtuellen Dachebene 5. An diesen Wandungen 15 sammeln sich die im Kühlkreislauf befindlichen Luft- und Dampfblasen, die von den an ihnen angreifenden Auftriebskräften nach oben getrieben werden. Im weiteren wandern die Blasen von der Kühlmittelströmung unterstützt entlang der obersten Wandung 15 in Richtung Entlüftungsleiste 4, wobei - bedingt durch die Tatsache, daß die Dachebene 5 in Richtung Entlüftungsleiste 4 ansteigt - die Auftriebskräfte, welche vom Kühlmittel auf die Gasblasen ausgeübt werden, diesen Entlüftungsvorgang in vorteilhafter Weise unterstützen.

[0048] Der Kühlmantelkern 3 weist in der in Figur 4 dargestellten Schnittebene I-I eine bevorzugte Form auf, bei der die zur Dachebene 5 hin gewandten und in der Dachebene 5 liegenden Außenwandungen 15 des Kühlmantelkerns 3 in Richtung der Entlüftungsleiste 4 stetig ansteigen, so daß sie keine lokalen Maxima aufweisen, in denen sich Gasblasen fangen können. Die Gefahr von Überhitzungen bzw. sogenannten hot spots ist damit auf ein Minimum reduziert.

[0049] Der Zylinderkopfboden 7 liegt bei der in Figur 4 dargestellten Position in der horizontalen Ebene 6, so daß er mit der Dachebene 5 einen Winkel $\delta = \alpha = 12^\circ$ bildet. Der Winkel β , der die Einbaulage definiert und zwischen dem Zylinderkopfboden 7 und der horizontalen Ebene 6 liegt, beträgt folglich 0° .

[0050] Die Figuren 5 und 6 zeigen die erste Ausführungsform des Zylinderkopfes 1 in der in Figur 4 dargestellten Schnittebene I-I in zwei unterschiedlichen Einbaulagen.

[0051] Dabei zeigt Figur 5 eine Einbaulage, in der der Zylinderkopf 1 entgegen dem Uhrzeigersinn geneigt ist mit $\beta = 11^\circ$, so daß die Dachebene 5 mit einer horizontalen Ebene 6 einen Winkel $\alpha = 1^\circ$ bildet und nach wie vor in Richtung der Entlüftungsleiste 4 ansteigt. Der Winkel δ , welcher zwischen der Dachebene 5 und dem Zylinderkopfboden 7 liegt, ist unveränderlich und unabhängig von der Einbaulage.

[0052] Figur 6 zeigt hingegen eine Einbaulage, in der der Zylinderkopf 1 in Richtung Uhrzeigersinn gedreht ist mit $\beta = 30^\circ$, so daß die Dachebene 5 mit einer horizontalen Ebene 6 einen Winkel $\alpha = 42^\circ$ bildet und in Richtung der Entlüftungsleiste 4 ansteigt.

[0053] Im übrigen wird Bezug genommen auf Figur 4. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0054] Die Figur 7 bis 9 zeigen die erste, in Figur 3 dargestellte Ausführungsform des Zylinderkopfes 1 im Querschnitt entlang der in Figur 3 angedeuteten Schnittebene II-II. Dieser Schnitt verläuft durch einen Einlaß- bzw. Auslaßkanal 17, 18.

[0055] Wie Figur 7 zu entnehmen ist, teilt sich auch in dieser Schnittebene II-II der Kühlmantelkern 3 in vier Teilkühlmantelkerne 3 auf, wovon zwei rechts und zwei links von einer gedachten Längsachse angeordnet sind. Der Einlaßkanal 17 und der Auslaßkanal 8 verfügen in dieser Schnittebene über eine eher längliche Form. Eine von oben auf den Kühlmantelkern 3 aufgelegte virtuelle Dachebene 5 steigt in Richtung der Entlüftungsleiste 4 an und bildet mit einer horizontalen Ebene 6 einen Winkel $\alpha = 12^\circ$. Dabei liegen die obersten Wandungen 15 des Kühlmantelkerns 3 in der virtuellen Dachebene 5.

[0056] Der Zylinderkopfboden 7 liegt in der horizontalen Ebene 6, so daß er mit der Dachebene 5 einen Winkel $\delta = \alpha = 12^\circ$ bildet. Der Winkel β , der die Einbaulage definiert und zwischen dem Zylinderkopfboden 7 und der horizontalen Ebene 6 liegt, beträgt folglich 0° .

[0057] Die Figuren 8 und 9 zeigen die erste Ausführungsform des Zylinderkopfes 1 in der in Figur 7 darge-

stellten Schnittebene II-II in zwei unterschiedlichen Einbaulagen.

[0058] Dabei zeigt Figur 8 eine Einbaulage, in der der Zylinderkopf 1 entgegen dem Uhrzeigersinn um den Winkel $\beta = 11^\circ$ geneigt ist, so daß die Dachebene 5 mit einer horizontalen Ebene 6 einen Winkel $\alpha = 1^\circ$ bildet und nach wie vor in Richtung der Entlüftungsleiste 4 ansteigt. Der Winkel δ , welcher zwischen der Dachebene 5 und dem Zylinderkopfboden 7 liegt, ist unveränderlich und unabhängig von der Einbaulage. Er beträgt $\delta = 12^\circ$.

[0059] Figur 9 zeigt hingegen eine Einbaulage, in der der Zylinderkopf 1 in Richtung Uhrzeigersinn um den Winkel $\beta = 30^\circ$ gedreht ist, so daß die Dachebene 5 mit einer horizontalen Ebene 6 einen Winkel $\alpha = 42^\circ$ bildet und in Richtung der Entlüftungsleiste 4 ansteigt.

[0060] Im übrigen wird Bezug genommen auf die Figuren 4 und 7. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0061] Figur 10 zeigt im Querschnitt die erste Ausführungsform des Zylinderkopfes 1 entlang der in Figur 3 angedeuteten Schnittebene III-III in einer ersten Einbaulage, die dadurch gekennzeichnet ist, daß der Zylinderkopf 1 entgegen dem Uhrzeigersinn um den Winkel $\beta = 11^\circ$ geneigt ist, so daß die Dachebene 5 mit einer horizontalen Ebene 6 einen Winkel $\alpha = 1^\circ$ bildet und in Richtung der Entlüftungsleiste 4 ansteigt. Dieser Schnitt III-III ist so gelegt, daß er durch eine Entkernungsstelle 8 mittig zwischen zwei Zylindern verläuft.

[0062] Die Entkernungsstelle 8 muß aus gußtechnischen Gründen vorgesehen werden, um nach dem Gießvorgang den Sandkern aus dem Zylinderkopfhöhlung entfernen zu können. Dabei handelt es sich um eine Stelle 8 des Kühlmantelkerns 3, auf welche im Hinblick auf eine optimierte Entlüftung nur wenig Einfluß genommen werden kann.

[0063] Wie zu erkennen ist, weist der Kühlmantelkern 3 bzw. die zu der Dachebene 5 hin gewandte Außenwandung 15 ein lokales Maximum 10 auf, welches durch die Nase 21 bedingt ist, so daß die zu der Dachebene 5 hingewandten Wandungen des Kühlmantelkerns nicht stetig d.h. ununterbrochen in Richtung der Entlüftungsleiste 4 ansteigen.

[0064] Im übrigen wird Bezug genommen auf die Figuren 5 und 8. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0065] An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, daß Brennkraftmaschinen bzw. Zylinderköpfe in der Art ausgelegt werden können, daß die Entkernungsstellen 8 in den Randgebieten des Zylinderkopfes 1 zu liegen kommen und damit unkritisch im Hinblick auf eine optimierte Entlüftung sind. In dem in Figur 3 bzw. Figur 10 dargestellten Ausführungsbeispiel eines Vier-Zylinder-Reihenmotors hat es sich aber als vorteilhaft erwiesen, die Entkernungsstellen 8 in der beschriebenen Art anzuordnen, weshalb auf diese Anordnung nicht verzichtet wurde.

[0066] Es soll ebenfalls darauf hingewiesen werden, daß die Entkernungsstelle 8 nur als ein Beispiel für eine

kritische Stelle des Zylinderkopfes anzusehen ist, an der aus gußtechnischen Gründen lokale Maxima nicht vermieden werden können, damit nach dem Gießvorgang eine Möglichkeit zur Entfernung des Sandkerns aus dem Zylinderkopfrohr gegeben ist.

[0067] Ein anderes Beispiel für eine derartige Stelle könnte durch eine Sensorbohrung gegeben sein, die zur Aufnahme eines Temperatursensors vorgesehen wird und zur Ausbildung lokaler Maxima des Kühlmittelmantels im Bereich der Bohrung führt.

Bezugszeichen

[0068]

- | | |
|----|-------------------------------|
| 1 | Zylinderkopf |
| 2 | Kühlmittelmantel |
| 3 | Kühlmantelkern |
| 4 | Entlüftungsleiste |
| 5 | Dachebene |
| 6 | horizontale Ebene |
| 7 | Zylinderkopfboden |
| 8 | Entkernungsstelle |
| 9 | Steuerraum |
| 10 | lokales Maximum |
| 11 | Einlaßöffnung |
| 12 | Auslaßöffnung |
| 13 | Zylinderkopfseitenwand |
| 14 | Zylinderkopfaußenwand |
| 15 | oberste Wandung, Außenwandung |
| 16 | Zylinderkopflängsachse |
| 17 | Einlaßkanal |
| 18 | Auslaßkanal |
| 19 | Brennraumdach |
| 20 | Zündkerzenbohrung |
| 21 | Nase |
-
- | | |
|----------|--|
| α | Winkel zwischen der Dachebene (5) und einer horizontalen Ebene (6) in der Einbaulage |
| β | Winkel zwischen dem Zylinderkopfboden (7) und einer horizontalen Ebene (6) in der Einbaulage |
| δ | Winkel zwischen der Dachebene (5) und dem Zylinderkopfboden (7) |

Patentansprüche

1. Zylinderkopf (1) einer Brennkraftmaschine mit Einlasskanälen (17) und Auslasskanälen (18), wobei die Einlasskanäle (17) und die Auslasskanäle (15) an verschiedenen Seiten aus dem Zylinderkopf (1) austreten, und einem Kühlmittelmantel (2), umfassend einen einteiligen Kühlmantelkern (3) und mindestens eine Entlüftungsleiste (4), und wobei in der Einbaulage des Zylinderkopfes (1), in welcher der Zylinderkopfboden (7) gegenüber einer horizon-

talen Ebene (6) um einen Winkel β geneigt ist, eine virtuelle auf den Kühlmantelkern (3) von oben aufgelegte Dachebene (5) in Richtung der mindestens einen Entlüftungsleiste (4) horizontal verläuft bzw. ansteigt, so daß die Dachebene (5) mit der horizontalen Ebene (6) in der Einbaulage einen Winkel $\alpha \geq 0^\circ$ bildet, **dadurch gekennzeichnet, daß** es zwei Einlasskanäle (17) und zwei Auslasskanäle (18) je Zylinder gibt.

2. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Winkel $\alpha < 45^\circ$ ist.

3. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Winkel $\alpha < 10^\circ$ ist.

4. Zylinderkopf (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der Einbaulage des Zylinderkopfes (1) - abgesehen von gußtechnisch nicht zu vermeidenden Ausnahmen, beispielsweise Entkernungsstellen (8) - Außenwandungen (15) des Kühlmantelkerns (3), die zu der Dachebene (5) hin gewandt sind, in Richtung der mindestens einen Entlüftungsleiste (4) stetig ansteigen, so daß sie keine lokalen Maxima (10) aufweisen.

5. Zylinderkopf (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dachebene (5) mit dem Zylinderkopfboden (7) einen Winkel δ bildet mit $9^\circ < \delta < 15^\circ$, wobei $|\delta| > |\beta|$ ist.

6. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dachebene (5) mit dem Zylinderkopfboden (7) einen Winkel δ bildet mit $11^\circ < \delta < 13^\circ$, wobei $|\delta| > |\beta|$ ist.

7. Zylinderkopf (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Brennkraftmaschine ein Reihenmotor, vorzugsweise ein Vier-Zylinder-Reihenmotor, ist.

Claims

1. Cylinder head (1) of an internal combustion engine having inlet ducts (17) and outlet ducts (18), wherein the inlet ducts (17) and the outlet ducts (18) emerge out of the cylinder head (1) on different sides, and having a coolant jacket (2) comprising a single-piece cooling jacket core (3) and at least one ventilation

strip (4), and wherein, in the installed position of the cylinder head (1), in which the cylinder head base (7) is inclined relative to a horizontal plane (6) by an angle β , a virtual roof plane (5) placed onto the cooling jacket core (3) from above runs horizontally or rises in the direction of the at least one ventilation strip (4), such that the roof plane (5) forms an angle $\alpha \geq 0^\circ$ with the horizontal plane (6) in the installed position,

characterized in that

two inlet ducts (17) and two outlet ducts (18) are provided per cylinder.

2. Cylinder head (1) according to Claim 1, **characterized in that** the angle $\alpha < 45^\circ$.
3. Cylinder head (1) according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the angle $\alpha < 10^\circ$.
4. Cylinder head (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that**, in the installed position of the cylinder head (1) - aside from exceptions which are unavoidable from a casting aspect, for example core removal points (8) - outer walls (15) of the cooling jacket core (3) which face toward the roof plane (5) rise continuously in the direction of the at least one ventilation strip (4), such that they have no local maxima (10).
5. Cylinder head (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the roof plane (5) forms an angle δ with the cylinder head base (7) of $9^\circ < \delta < 15^\circ$, where $|\delta| > |\beta|$.
6. Cylinder head (1) according to Claim 5, **characterized in that** the roof plane (5) forms an angle δ with the cylinder head base (7) of $11^\circ < \delta < 13^\circ$, where $|\delta| > |\beta|$.
7. Cylinder head (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the internal combustion engine is an in-line engine, preferably a four-cylinder in-line engine.

Revendications

1. Culasse (1) d'un moteur à combustion interne comprenant des canaux d'entrée (17) et des canaux de sortie (18), les canaux d'entrée (17) et les canaux de sortie (18) sortant de la culasse (1) par différents côtés, et comprenant une chemise de réfrigérant (2) comprenant un noyau de chemise de refroidisse-

ment d'une seule pièce (3) et au moins une barre de désaérage (4),

un plan de toit (5) virtuel posé par le dessus sur le noyau de chemise de refroidissement (3) s'étendant horizontalement ou montant dans la direction de l'au moins une barre de désaérage (4), dans la position de montage de la culasse (1) dans laquelle le fond de culasse (7) est incliné d'un angle β par rapport à un plan horizontal (6), de sorte que le plan de toit (5) forme avec le plan horizontal (6), dans la position de montage, un angle $\alpha \geq 0^\circ$, **caractérisée en ce qu'il** y a deux canaux d'entrée (17) et deux canaux de sortie (18) par cylindre.

2. Culasse (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'angle α est $< 45^\circ$.
3. Culasse (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'angle α est $< 10^\circ$.
4. Culasse (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** dans la position de montage de la culasse (1) - sans compter les exceptions inévitables du point de vue de la technique de coulée, comme les points de débouillage (8) - des parois extérieures (15) du noyau de chemise de refroidissement (3), qui sont tournées vers le plan de toit (5), montent constamment dans la direction de l'au moins une barre de désaérage (4), de sorte qu'elles ne présentent pas de maxima locaux (10).
5. Culasse (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le plan de toit (5) forme avec le fond de culasse (7) un angle δ , avec $9^\circ < \delta < 15^\circ$, et $|\delta| > |\beta|$.
6. Culasse (1) selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** le plan de toit (5) forme avec le fond de culasse (7) un angle δ , avec $11^\circ < \delta < 13^\circ$, et $|\delta| > 151$.
7. Culasse (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le moteur à combustion interne est un moteur en ligne, de préférence un moteur en ligne à quatre cylindres.

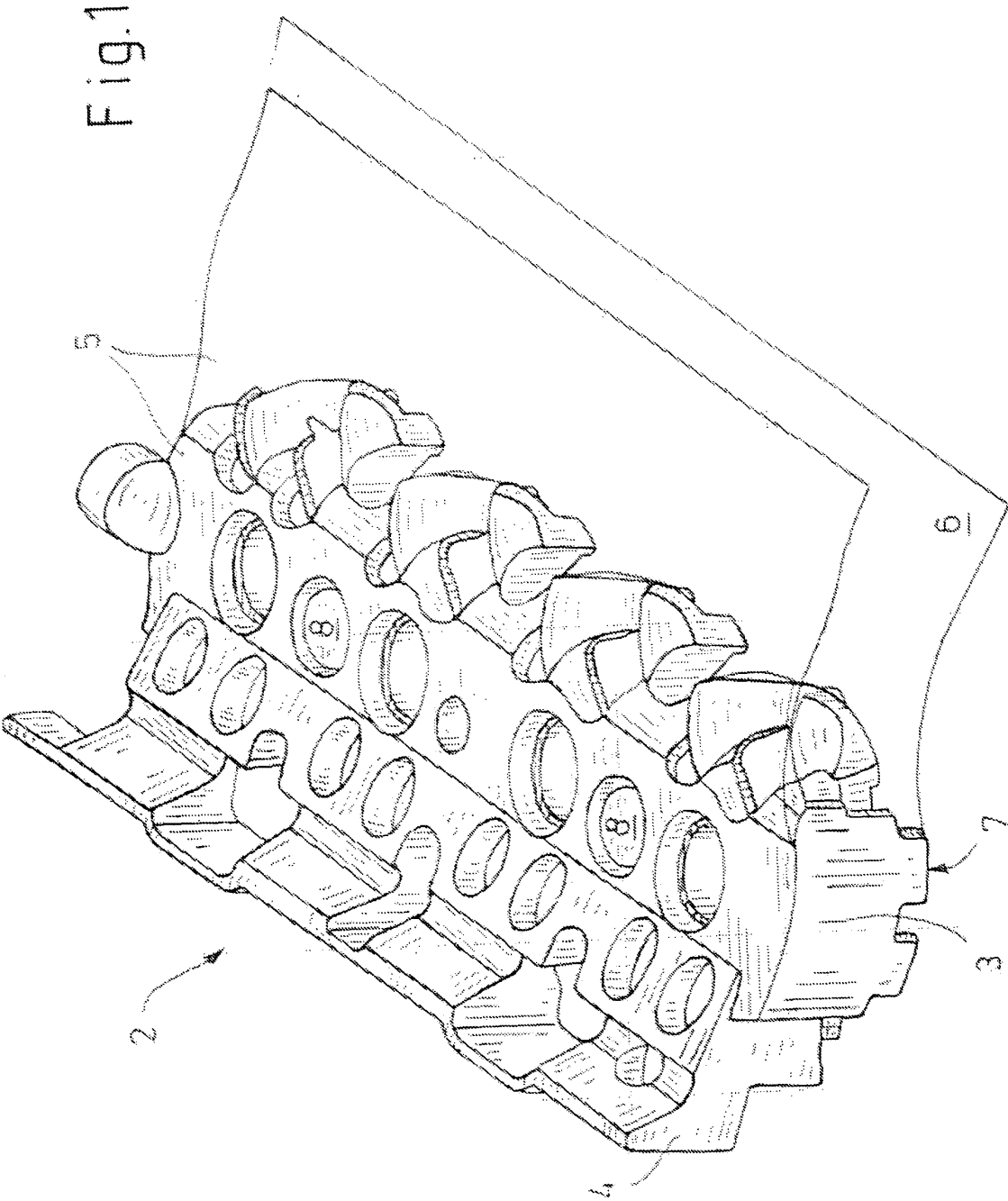


Fig. 2

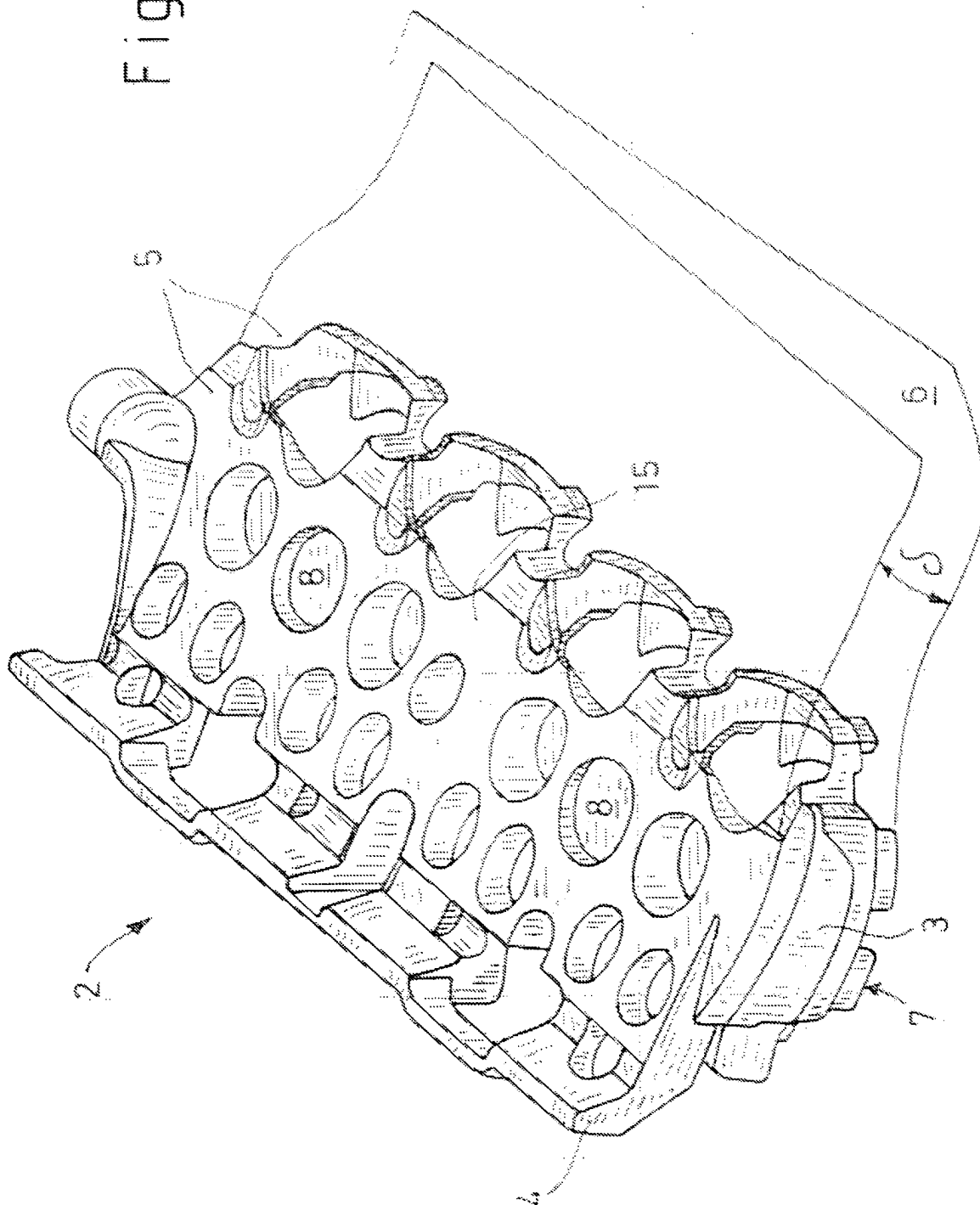


Fig. 3

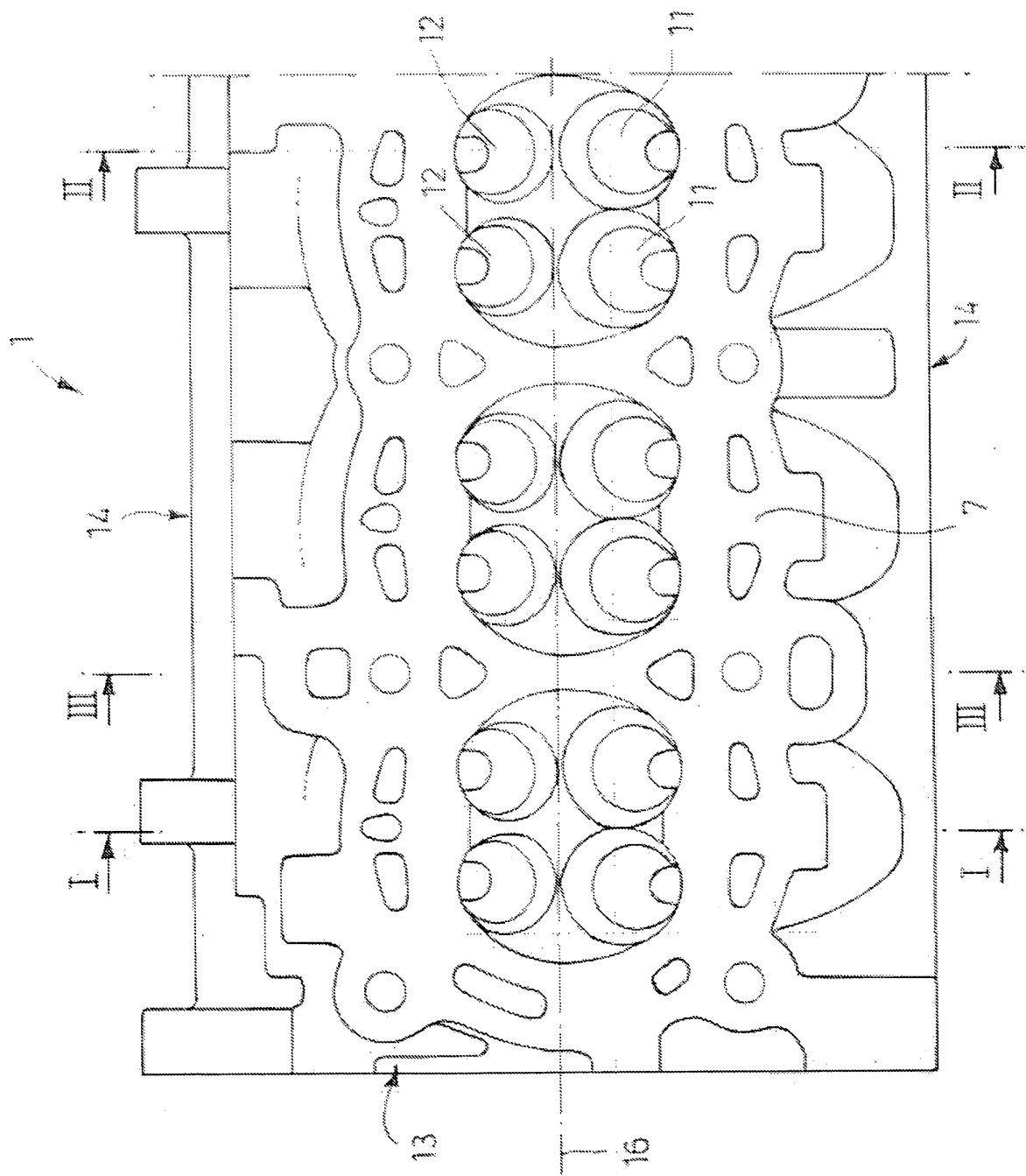


Fig.4

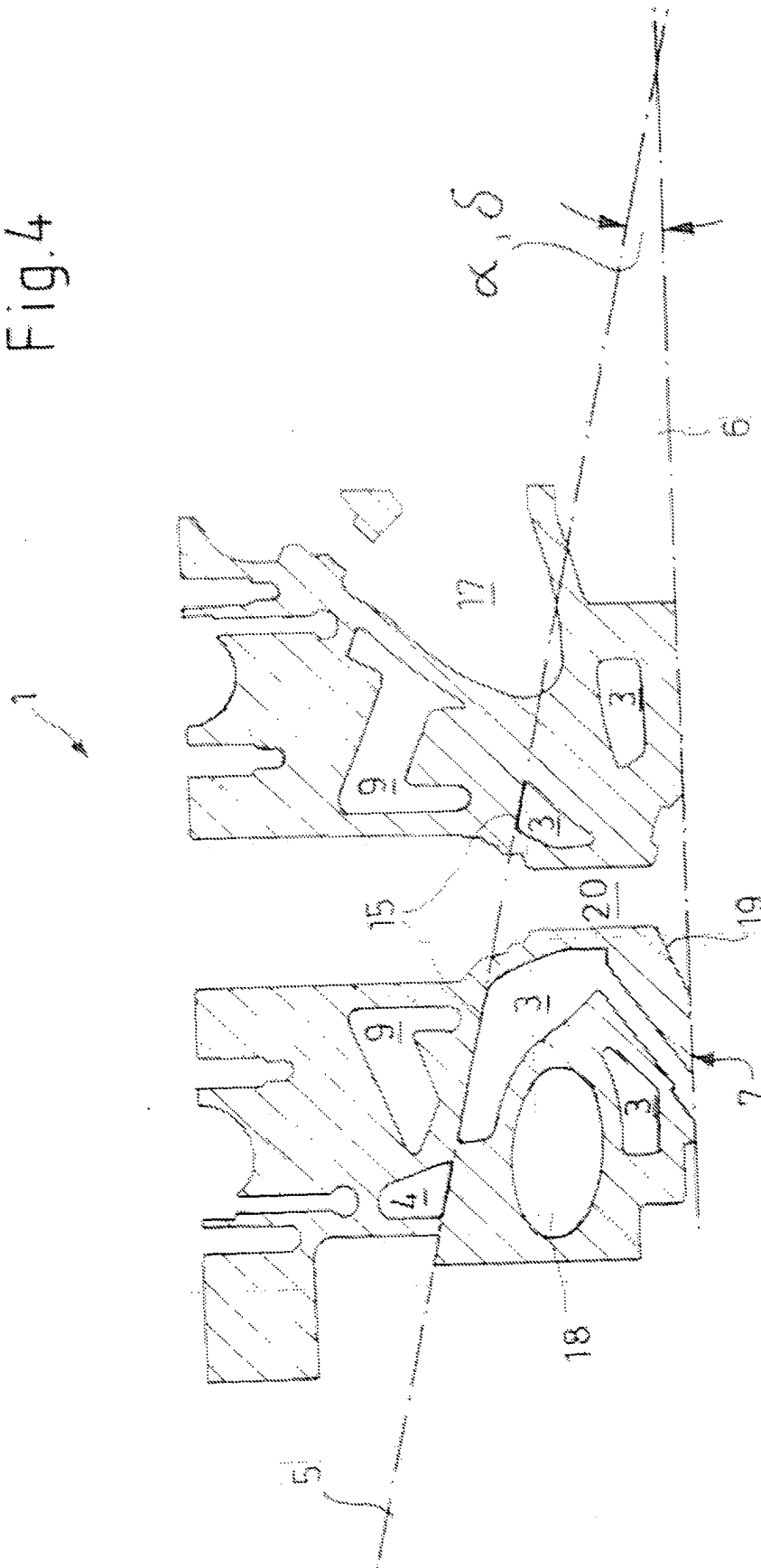
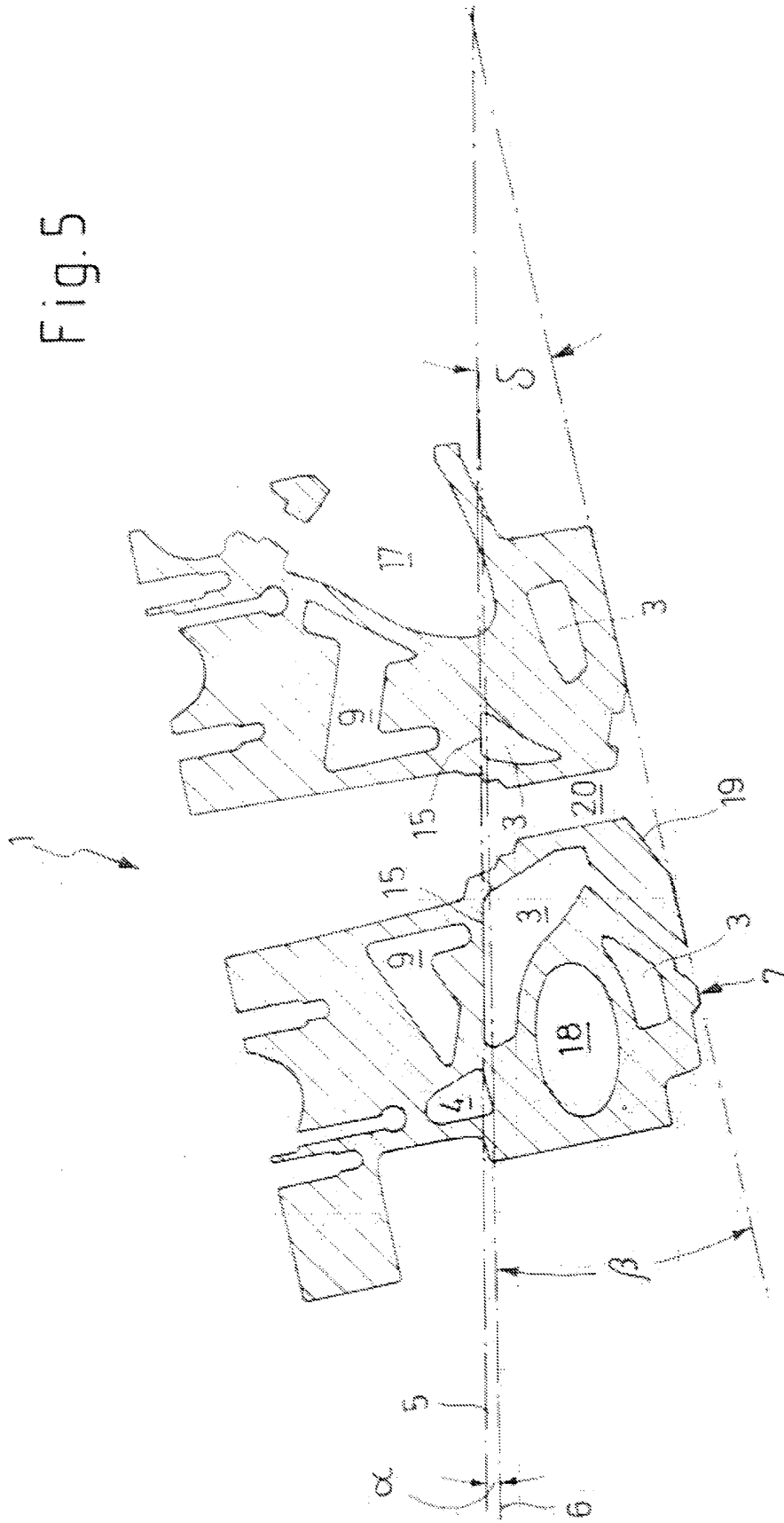


Fig. 5



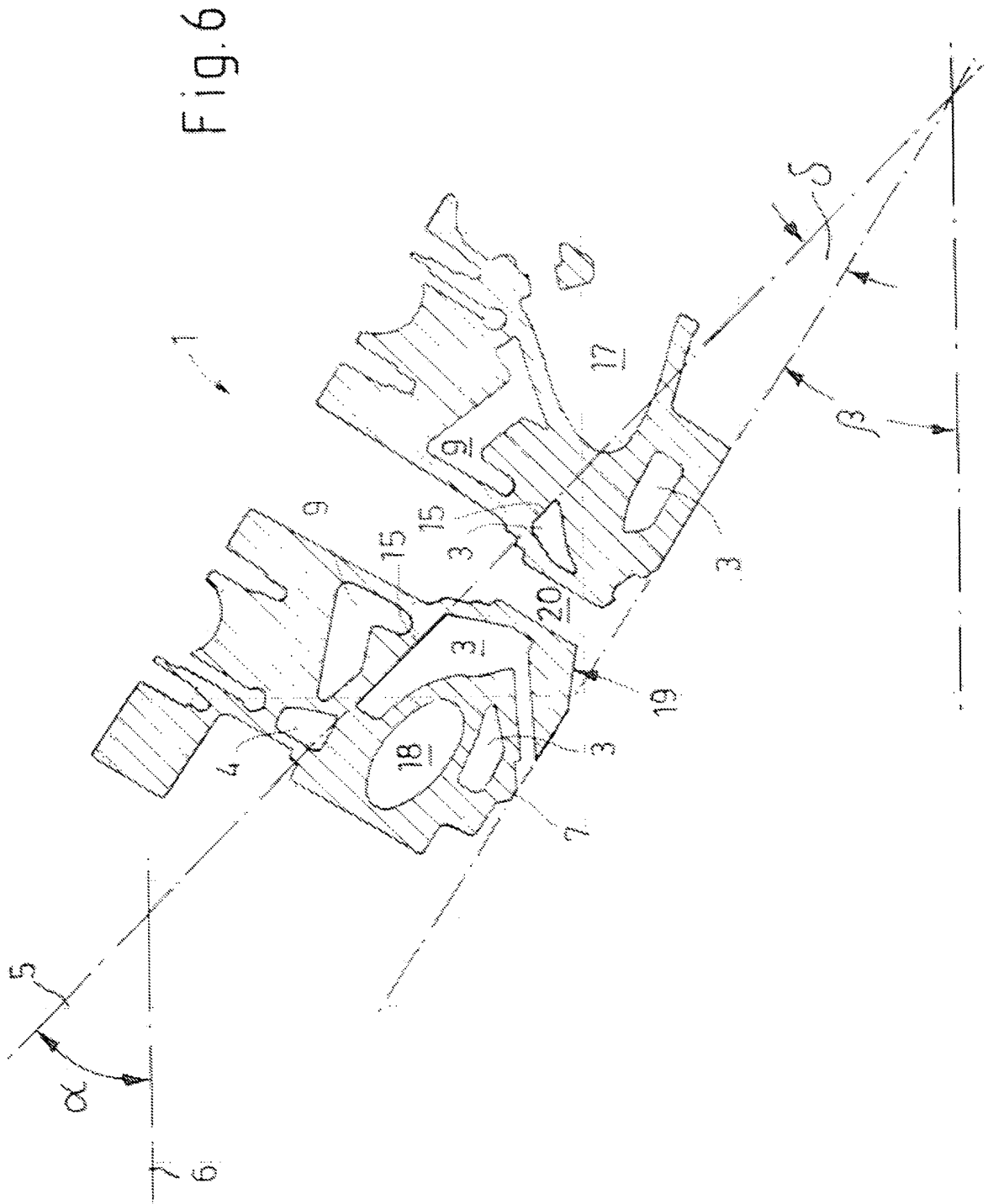
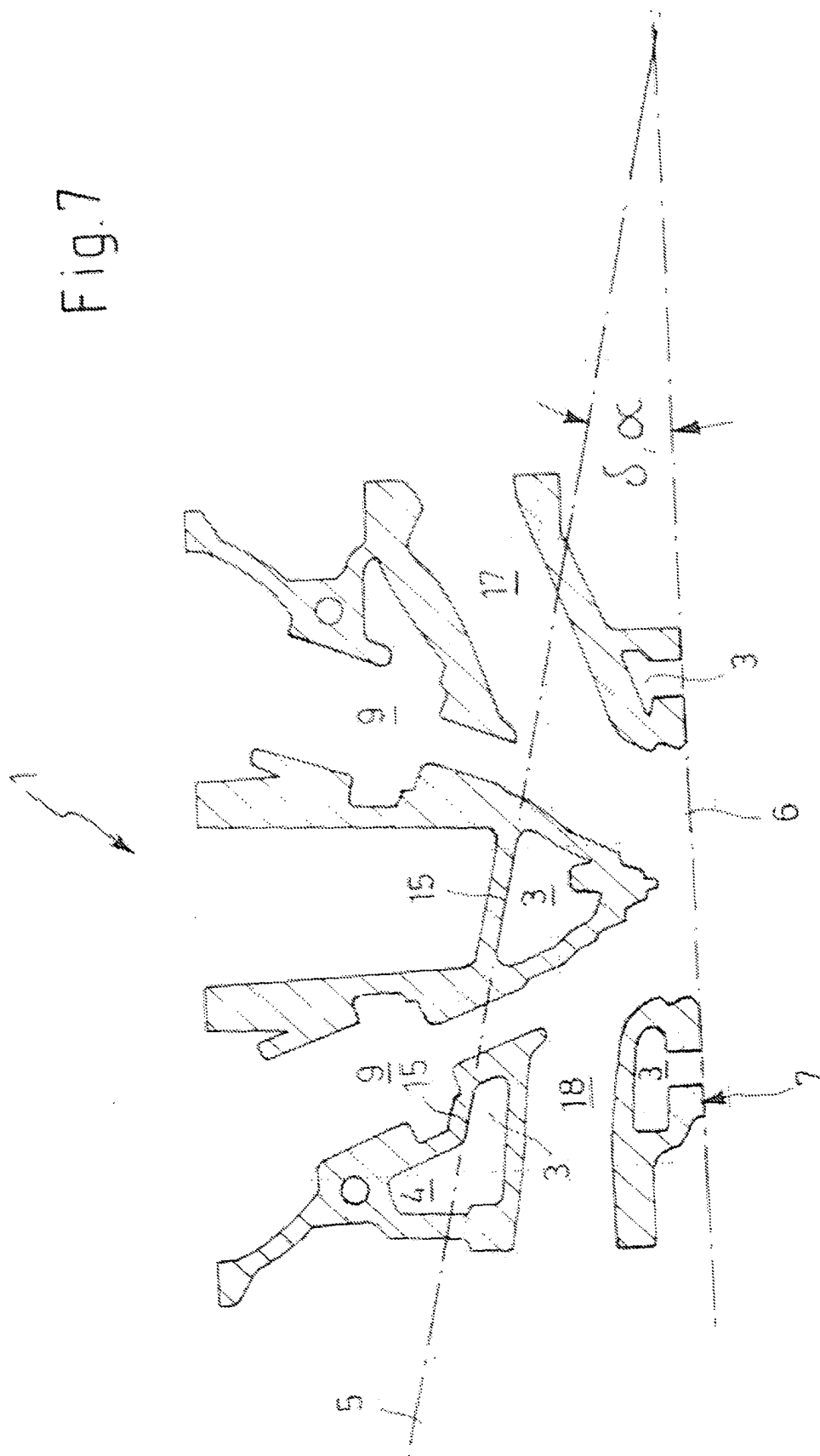


Fig.7



8-5-73

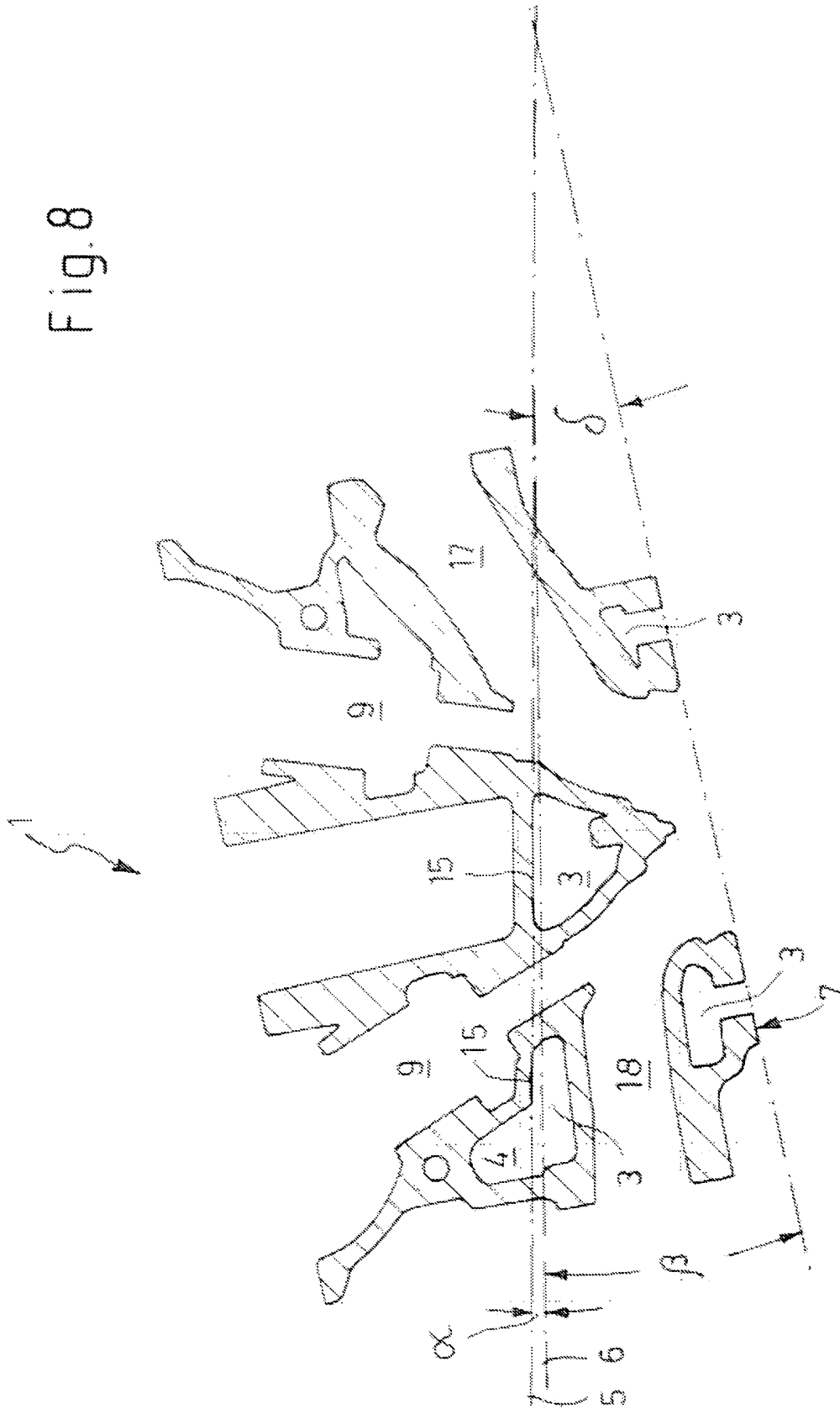


Fig.9

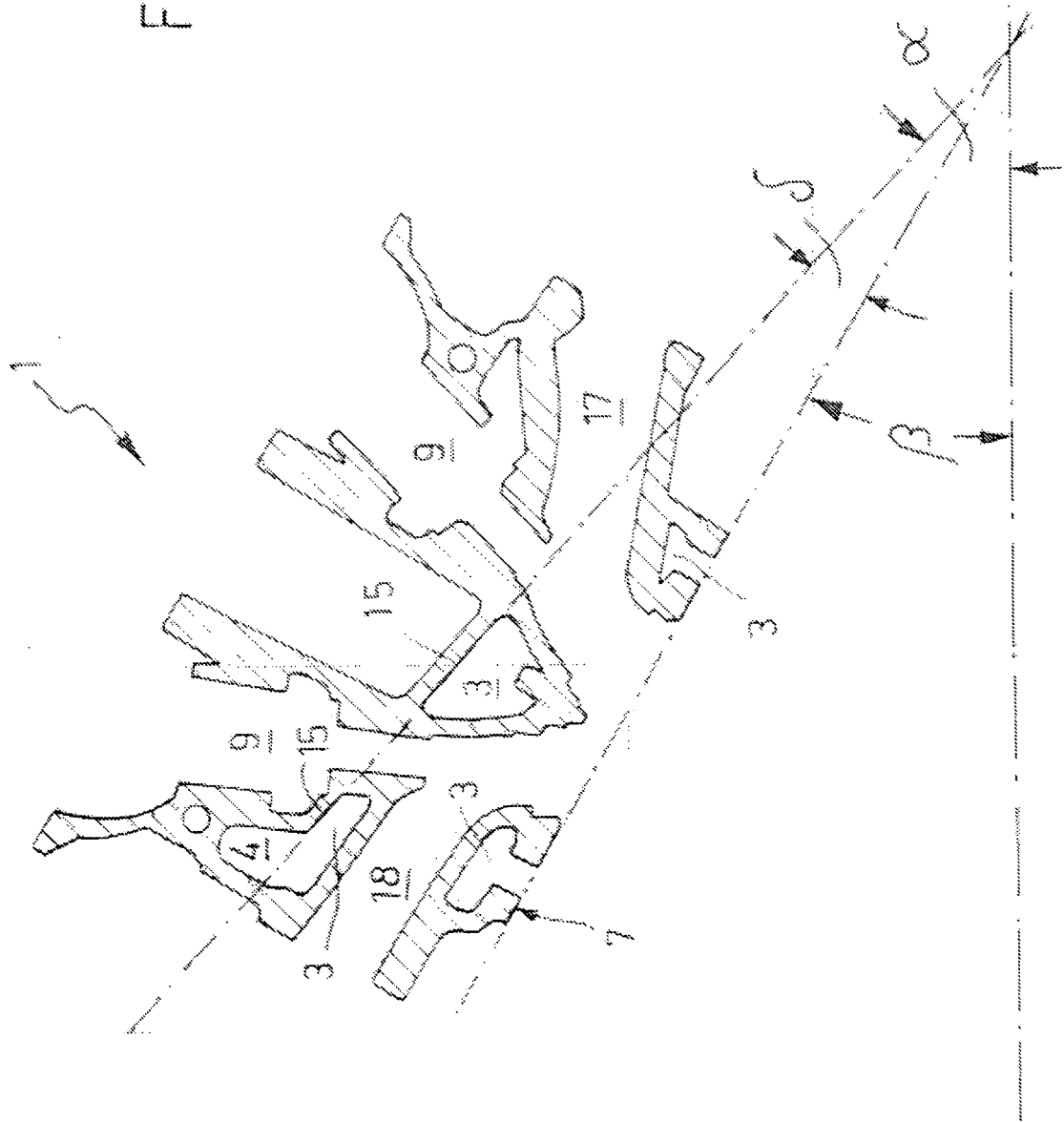
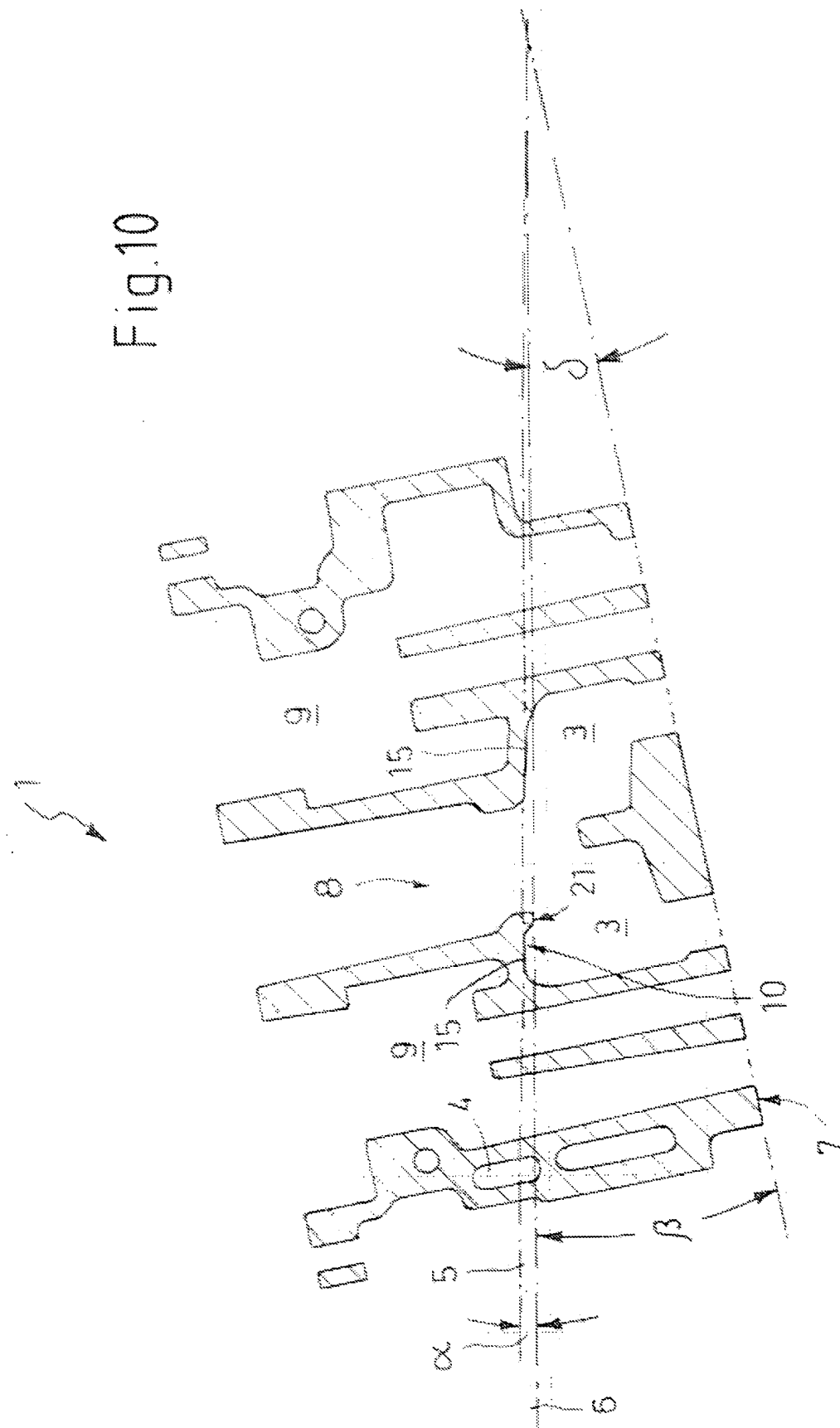


Fig.10



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 0486771 A [0021]