

Beschreibung

Hintergrund

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung eines Mehrzylindermotors und insbesondere ein Gebiet, auf dem eine Verbrennungsstabilisierung in einer frühen Phase eines Motorkaltstarts erreicht wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung einen Funkenzündungsmotor, einen Konvektionsunterdrücker und ein Verfahren zum Verbessern einer Verbrennung bei einem Kaltstart eines Motors.

[0002] Die Druckschrift JP5223389B offenbart ein Beispiel einer Kühlvorrichtung zum Umwälzen eines Kühlmittels zu jeweiligen Stellen eines Mehrzylindermotors unter Verwendung einer einzigen Wasserpumpe.

[0003] Die Kühlvorrichtung beinhaltet einen Umwälzfließweg, wo das Kühlmittel umgewälzt wird. Der Umwälzfließweg verfügt von seiner stromaufwärtigen Seite her in der nachfolgenden Reihenfolge über eine Wasserpumpe, einen Wassermantel (water jacket) eines Zylinderblockes, einen Wassermantel eines Zylinderkopfes (oberer Teil einer Auspuffrohrverzweigung), einen Hauptfließweg, der durch einen Radiator und einen Thermostat passiert, eine ersten Abzweigfließweg, der von dem Hauptfließweg an einer Position stromabwärts von den Wassermänteln abzweigt, einen zweiten Abzweigfließweg, der von dem Hauptfließweg an einer Position stromaufwärts von den Wassermänteln abzweigt, und einen Zusammenlauffließweg, wo die ersten und zweiten Abzweigfließwege an einer Position in dem oberen Teil einer Auspuffrohrverzweigung und stromabwärts von den Wassermänteln zusammenlaufen, durch einen EGR-Kühler und einen Luftumwälzerwärmer passieren und mit dem Hauptfließweg an einer Position zwischen dem Radiator und der Wasserpumpe kommunizieren. Des Weiteren ist ein Drei-Wege-Ventil an einem stromaufwärtigen Ende des Zusammenlauffließweges, mit anderen Worten der Zusammenlaufposition der ersten und zweiten Abzweigfließwege, angeordnet. Das Drei-Wege-Ventil wird dafür gesteuert bzw. geregelt, den Verbindungszustand zwischen dem ersten Abzweigfließweg, dem zweiten Abzweigfließweg und dem Zusammenlauffließweg zu schalten.

[0004] In einer frühen Phase eines Motorstarts erwärmt die Kühlvorrichtung einen Katalysator, indem das Drei-Wege-Ventil dahingehend gesteuert bzw. geregelt wird, dass sämtliche Wege voneinander getrennt werden und zudem die Wasserpumpe angehalten wird. Nachdem der Katalysator erwärmt ist, steuert bzw. regelt die Kühlvorrichtung das Drei-Wege-Ventil dahingehend, dass der zweite Abzweigfließweg mit dem Zusammenlauffließweg verbunden wird, aktiviert die Wasserpumpe, leitet das Kühlmittel

nur zu dem oberen Teil der Auspuffrohrverzweigung in einem Verbrennungsmotor und leitet des Weiteren das Kühlmittel nach Passieren durch den oberen Teil der Auspuffrohrverzweigung weiter, um es zu dem EGR-Kühler und dem Erwärmer umzuwälzen. Wie vorstehend beschrieben worden ist, zeigt, da die Kühlvorrichtung die Umwälzung des Kühlmittels in der frühen Phase des Motorstarts anhält und das Kühlmittel zu dem oberen Teil umwälzt, nachdem der Katalysator erwärmt ist, die Kühlvorrichtung einen Effekt der Vergrößerung der Temperaturen der Wände der Brennkammern bei einem Motorkaltstart.

[0005] Nachdem der Motor erwärmt ist, steuert bzw. regelt die Kühlvorrichtung das Drei-Wege-Ventil dahingehend, dass sämtliche Fließwege miteinander verbunden sind, um so das Kühlmittel zu dem Zylinderblock und dem Zylinderkopf zusätzlich zu dem oberen Teil der Auspuffrohrverzweigung zu leiten, wobei die Kühlvorrichtung das Verhältnis zwischen der Fließrate desjenigen Kühlmittels, das zu dem oberen Teil der Auspuffrohrverzweigung fließt, und der Fließrate desjenigen Kühlmittels, das zu dem Zylinderblock und dem Zylinderkopf fließt, geeignet ändert. Hierdurch werden die Temperaturen der jeweiligen Positionen des Verbrennungsmotors gesteuert bzw. geregelt.

[0006] Bei der Kühlvorrichtung aus der JP5223389B beeinflusst (zieht) jedoch dann, wenn die Wasserpumpe aktiviert wird und das Kühlmittel durch den oberen Teil der Auspuffrohrverzweigung passiert, nachdem der Katalysator erwärmt ist, dieser Fluss des Kühlmittels das Kühlmittel innerhalb der jeweiligen Wassermantel des Zylinderkopfes und des Zylinderblockes, und es tritt eine Konvektion des Kühlmittels in dem Wassermantel des Zylinderblockes auf. Des Weiteren tritt durch diese Konvektion das Kühlmittel des Wassermantels des Zylinderblockes in den Wassermantel des Zylinderkopfes ein und fließt innerhalb des Wassermantels des Zylinderkopfes. Als Ergebnis treten Situationen auf, in denen die Brennkammern und ihre Umgebungen dadurch gekühlt werden, dass das Kühlmittel in dem Wassermantel fließt, wobei die Wandtemperaturen der Brennkammern schwerlich zu vergrößern sind, wobei eine Verbrennungsstabilisierung in der frühen Phase nicht erreicht werden kann.

Zusammenfassung

[0007] Die vorliegende Erfindung wurde eingedenk der vorbeschriebenen Situation gemacht und stellt darauf ab, eine Verbrennungsstabilisierung in einer frühen Phase eines Motorkaltstarts zu verbessern. Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere Entwicklungen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0008] Bei der vorliegenden Erfindung wird ein Unterdrücker zum Unterdrücken eines Flusses eines Kühlmittels von einem Wassermantel eines Zylinderblockes in einen Wassermantel eines Zylinderkopfes bereitgestellt.

[0009] Insbesondere wird bei der vorliegenden Erfindung eine Kühlvorrichtung für einen Mehrzylindermotor bereitgestellt, der einen Zylinderkopf und einen Zylinderblock beinhaltet. Die Kühlvorrichtung wälzt ein Kühlmittel von einer Wasserpumpe durch einen Wassermantel des Zylinderkopfes und einen Wassermantel des Zylinderblockes um. Die Kühlvorrichtung weist den nachfolgenden Aufbau auf.

[0010] Entsprechend einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung beinhaltet die Kühlvorrichtung nämlich: einen Hauptmantel des Wassermantels des Zylinderkopfes, der um die Brennkammern des Motors ausgebildet ist, einen Auspuffmantel des Wassermantels des Zylinderkopfes, der mit dem Hauptmantel kommuniziert und an einer Seite von Auspuffanschlüssen entgegengesetzt bzw. gegenüberliegend zu den Brennkammern ausgebildet ist, ein Umwälzsystem zum Unterdrücken dessen, dass das Kühlmittel durch den Hauptmantel bei einem Motorkaltstart fließt, indem das Kühlmittel durch die Wasserpumpe und den Auspuffmantel umgewälzt wird, und einen Konvektionsunterdrücker zum Unterdrücken dessen, dass das Kühlmittel in den Hauptmantel von dem Wassermantel des Zylinderblockes bei dem Motorkaltstart fließt, indem das Auftreten einer Konvektion des Kühlmittels innerhalb des Wassermantels des Zylinderblockes unterdrückt wird.

[0011] Entsprechend diesem Aufbau leitet bei einem Motorkaltstart das Umwälzsystem das Kühlmittel nur zu dem Auspuffmantel durch Aktivieren der Wasserpumpe, um so die Konvektion des Kühlmittels innerhalb des Hauptmantels zu unterdrücken. Das Kühlmittel innerhalb des Wassermantels des Zylinderblockes in Kommunikation mit dem Auspuffwassermantel über den Hauptmantel kann durch diesen Kühlmittelfluss innerhalb des Auspuffmantels beeinflusst (gezogen) werden, um eine Konvektion zu bewirken, und das Kühlmittel innerhalb des Wassermantels des Zylinderblockes kann in den Hauptmantel des Zylinderkopfes fließen. Gleichwohl unterdrückt der Konvektionsunterdrücker die Konvektion, weshalb der Kühlmittelfluss innerhalb des Hauptmantels unterdrückt und es schwierig wird, die Umgebung der Brennkammern zu kühlen. Im Ergebnis steigen Wandtemperaturen der Brennkammern stetig an, und es kann die Verbrennungsstabilität in dem Mehrzylindermotor in einer frühen Phase erreicht werden.

[0012] Bei der Kühlvorrichtung kann ein Kühlmittelinlassteil zum Einleiten des Kühlmittels in eine untere Sektion des Wassermantels in einer Zylinderblock-

außenumfangswand ausgebildet sein, die einen Außenumfang des Wassermantels des Zylinderblockes bildet. Der Konvektionsunterdrücker kann einen Mantelabstandshalter beinhalten, der in dem Wassermantel des Zylinderblockes angeordnet ist. Der Mantelabstandshalter kann aufweisen: einen Abstandshalterhauptkörper, der in dem Wassermantel des Zylinderblockes angeordnet ist und alle Umfänge der unteren Sektionen einer Mehrzahl von Zylinderbohrungen als Ganzes umgibt, ein Paar von Flanschen, die nach außen von beiden oberen und unteren Enden des Abstandshalterhauptkörpers jeweils vorstehen, und eine Vertikalwand, die sich im Wesentlichen nach oben von einem Außenumfangsende desjenigen von dem Paar von Flanschen, der höher als der andere befindlich ist, erstreckt. Eine Ausschniddesektion kann an einer Position des oberen Flansches nahe an dem Kühlmittelinlassteil ausgebildet sein, und es können Hauptkommunikationswege, über die der Wassermantel des Zylinderblockes mit dem Hauptmantel kommuniziert, über der Ausschniddesektion ausgebildet sein.

[0013] Entsprechend diesem Aufbau umgibt der Abstandshalterhauptkörper alle Umfänge der unteren Sektionen der Zylinderbohrungen als Ganzes, um einen direkten Kontakt des Kühlmittels mit den Umfängen der unteren Sektionen der Zylinderbohrungen zu verhindern. Damit kann eine Kühlung der Umgebung der Zylinderbohrungen unterdrückt werden.

[0014] Des Weiteren ist der obere Flansch des Wassermantels des Zylinderblockes in obere und untere Sektionen unterteilt, und der Eintritt in die Umgebung der Brennkammern wird gegen das innerhalb der unteren Sektion fließende Kühlmittel unterdrückt. Demgegenüber unterdrückt der untere Flansch, dass das Kühlmittel unter den Abstandshalterhauptkörper gelangt, um so zu verhindern, dass das Kühlmittel in einen Raum zwischen dem Abstandshalterhauptkörper und den Zylindern fließt. Daher wird die Konvektion des Kühlmittels innerhalb des Wassermantels des Zylinderblockes unterdrückt.

[0015] Des Weiteren besteht eine Möglichkeit dahingehend, dass ein Teil des Kühlmittels eine obere Seite des oberen Flansches erreicht, und die Konvektion des Kühlmittels in einem Raum an der oberen Seite, mit anderen Worten, einem Raum zwischen der Vertikalwand und der Zylinderblockaußenumfangswand, auftritt. Hierbei ist die Wärmeübertragungsrates einer Flüssigkeit durch natürliche Konvektion innerhalb eines abgedichteten Raumes niedriger, da eine Breite des abgedichteten Raumes schmaler ist, weil die natürliche Konvektion unterdrückt wird. Damit wird durch Bereitstellen der Vertikalwand die Breite des Raumes an der oberen Seite des oberen Flansches verschmälert und die Konvektion des Kühlmittels in dem Raum stärker unterdrückt.

[0016] Bei der Kühlvorrichtung können Öffnungen an Positionen eines oberen Endabschnittes des Abstandshalterhauptkörpers im Wesentlichen jeweils entsprechend Zwischenzylinderbohrungsabschnitten ausgebildet sein. Ein Zwischenbohrungskommunikationsdurchlass, über den der Wassermantel des Zylinderblockes mit dem Hauptmantel kommuniziert, kann über jeder der Öffnungen ausgebildet sein.

[0017] Entsprechend diesem Aufbau passiert das Kühlmittel, das entlang des Außenumfanges des Abstandshalterhauptkörpers fließt, durch die Öffnungen, des Weiteren durch die Zwischenbohrungskommunikationsdurchlässe und fließt in den Hauptmantel des Zylinderkopfes. Während des Fließens zu dem Hauptmantel steht das Kühlmittel mit den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten in Kontakt. Daher können, sogar nachdem der Motor erwärmt ist, die Zwischenzylinderbohrungsabschnitte effektiv gekühlt werden.

[0018] Bei der Kühlvorrichtung können die Wasserpumpe, der Auspuffmantel und ein Wärmetauscher für einen Erwärmer in einem Kühlmittelkreislauf zum Umwälzen des Kühlmittels durch die Wasserpumpe und den Auspuffmantel vorgesehen sein, und das Umwälzsystem kann den Kühlmittelkreislauf und die Wasserpumpe, den Auspuffmantel und den Wärmetauscher für einen Erwärmer beinhalten.

[0019] Entsprechend diesem Aufbau wird das Kühlmittel in dem Auspuffmantel durch Auspuffgas hoher Temperatur, das durch die Auspuffanschlüsse passiert, erwärmt, und das erwärmte Kühlmittel fließt in den Wärmetauscher für einen Erwärmer und erwärmt die Luft um den Wärmetauscher. Daher kann das Leistungsvermögen des Erwärmers durch Nutzung der Wärme des Auspuffgases sichergestellt werden.

[0020] Bei der Kühlvorrichtung kann die Wasserpumpe durch den Mehrzylinderomotor betrieben werden. Das Umwälzsystem kann zudem einen Durchfluss- bzw. Fließanpassungsventilsatz zum Begrenzen einer Fließrate des Kühlmittels bei Zunahme der Motordrehzahl, wenn ein Erwärmungsbetrieb angefordert ist, beinhalten.

[0021] Entsprechend diesem Aufbau nimmt die Wärmemenge, die von dem Kühlmittel mitgeführt wird, das innerhalb des Kühlmittelkreislaufes fließt, pro Einheitsflächenrate bei Zunahme der Motordrehzahl, wenn ein Erwärmungsbetrieb angefordert ist, zu, wobei ein Teil der Wärmemenge nicht ausgetauscht und nur durch den Kühlmittelkreislauf umgewälzt wird, was zu einem unerwünschten Extraaufwand für die Wasserpumpe führt. Daher kann sogar dann, wenn die Fließrate des Kühlmittels, das innerhalb des Kühlmittelkreislaufes fließt, entsprechend der Zunahme der Motordrehzahl begrenzt wird, die Wärmemenge, die die Erwärmungsbetriebsanforderung erfüllt, dem

Wärmetauscher für den Erwärmer zugeleitet werden, und das Leistungsvermögen des Erwärmers kann sichergestellt werden. Daher kann durch Verwenden des Durchflussanpassungsventilsatzes zum Begrenzen der Fließrate des Kühlmittels, das innerhalb des Kühlmittelkreislaufes fließt, entsprechend der Zunahme der Motordrehzahl, wenn der Erwärmungsbetrieb angefordert ist, die Arbeitslast der Wasserpumpe zum Umwälzen des Kühlmittels gesenkt werden, während gleichzeitig das Leistungsvermögen des Erwärmers sichergestellt ist und die Betriebslast des Motors, der zum Betreiben der Wasserpumpe verwendet wird, verringert werden kann.

[0022] Bei der Kühlvorrichtung kann der Mehrzylinderomotor ein Funkenzündungsmotor sein, bei dem ein Kompressionsselbstzündungsverbrennungsbetrieb, wenn die Motorlast niedrig ist, und ein Funkenzündungsverbrennungsbetrieb, wenn die Motorlast hoch ist, durchgeführt werden.

[0023] Entsprechend diesem Aufbau wird die Konvektion des Kühlmittels innerhalb des Wassermantels des Zylinderblockes durch den Konvektionsunterdrücker unterdrückt, weshalb die Kompressionsselbstzündungsverbrennung in einer frühen Phase stabilisiert und aufrechterhalten werden kann. Im Ergebnis kann ein Kompressionsselbstzündungsverbrennungsbetriebsbereich erweitert werden, und es kann der Kraftstoffverbrauch verbessert werden.

[0024] Entsprechend einem weiteren Aspekt wird ein Funkenzündungsmotor bereitgestellt, der einen Zylinderkopf, einen Zylinderblock und eine Kühlvorrichtung, die ein Kühlmittel von einer Wasserpumpe durch einen Wassermantel des Zylinderkopfes und einen Wassermantel des Zylinderblockes umwälzt, beinhaltet, wobei die Kühlvorrichtung umfasst: einen Hauptmantel des Wassermantels des Zylinderkopfes, der um Brennkammern des Motors ausgebildet ist;

einen Auspuffmantel des Wassermantels des Zylinderkopfes, der mit dem Hauptmantel kommuniziert und an einer Seite von Auspuffanschlüssen entgegengesetzt bzw. gegenüberliegend zu den Brennkammern ausgebildet ist; ein Umwälzsystem zum Unterdrücken dessen, dass das Kühlmittel durch den Hauptmantel bei einem Motorkaltstart fließt, indem das Kühlwasser durch die Wasserpumpe und den Auspuffmantel umgewälzt wird,

einen Konvektionsunterdrücker zum Unterdrücken dessen, dass das Kühlmittel in den Hauptmantel von dem Wassermantel des Zylinderblockes bei dem Motorkaltstart fließt, indem das Auftreten einer Konvektion des Kühlmittels innerhalb des Wassermantels des Zylinderblockes unterdrückt wird.

[0025] Vorzugsweise ist der Motor dafür ausgestaltet, einen Kompressionsselbstzündungsverbren-

nungsbetrieb, wenn die Motorlast niedrig ist, und einen Funkenzündungsverbrennungsbetrieb, wenn die Motorlast hoch ist, durchzuführen.

[0026] Des Weiteren beinhaltet der Konvektionsunterdrücker bevorzugt einen Mantelabstandshalter, der in dem Wassermantel des Zylinderblockes angeordnet ist.

[0027] Entsprechend einem weiteren Aspekt ist ein Konvektionsunterdrücker vorgesehen, der einen Mantelabstandshalter beinhaltet, der in einem Wassermantel eines Zylinderblockes eines Motors anzuordnen ist, wobei der Abstandshalter aufweist:
einen Abstandshalterhauptkörper, der in dem Wassermantel des Zylinderblockes anzuordnen ist und alle Umfänge unterer Sektionen einer Mehrzahl von Zylinderbohrungen als Ganzes umgibt;
ein Paar von Flanschen, die nach außen von beiden oberen und unteren Enden des Abstandshalterhauptkörpers jeweils vorstehen; und
eine Vertikalwand, die sich im Wesentlichen nach oben von einem Außenumfangsende desjenigen von dem Paar von Flanschen, der höher als der andere befindlich ist, erstreckt.

[0028] Entsprechend einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren zum Verbessern einer Verbrennung in einer frühen Phase eines Kaltstarts eines Verbrennungsmotors bereitgestellt, wobei der Motor einen Zylinderblock, der mit einem Wassermantel zum Umwälzen eines Kühlmittels versehen ist, und einen Zylinderkopf, der mit einem Wassermantel versehen ist, umfasst, wobei das Verfahren des Weiteren umfasst: Unterdrücken dessen, dass Kühlmittel von dem Wassermantel des Zylinderblockes in einen Hauptmantel des Wassermantels des Zylinderkopfes bei einem Motorkaltstart fließt, indem das Auftreten einer Konvektion des Kühlmittels innerhalb des Wassermantels des Zylinderblockes unterdrückt wird.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0029] Fig. 1 ist eine schematische Ansicht zur Darstellung einer Ausgestaltung einer Motorkühlvorrichtung entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0030] Fig. 2 ist eine Planansicht zur Darstellung eines Zylinderblockes des Motors.

[0031] Fig. 3 eine Querschnittsansicht eines Motorhauptkörpers, in dem ein Mantelabstandshalter in einem Wassermantel des Zylinderblockes angeordnet ist, entlang einer Linie III-III von Fig. 2.

[0032] Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht des Motorhauptkörpers, in dem der Mantelabstandshalter in

dem Wassermantel des Zylinderblockes angeordnet ist, entlang der Linie IV-IV von Fig. 2.

[0033] Fig. 5 ist eine perspektivische Gesamtansicht des Mantelabstandshalters bei einer Betrachtung von einer Auspuffseite her.

[0034] Fig. 6 ist eine perspektivische Gesamtansicht des Mantelabstandshalters bei einer Betrachtung von einer Einlassseite her.

[0035] Fig. 7A ist eine Planansicht des Mantelabstandshalters, Fig. 7B ist eine Seitenansicht des Mantelabstandshalters bei einer Betrachtung von der Auspuffseite her, Fig. 7C ist eine Seitenansicht des Mantelabstandshalters bei einer Betrachtung von der Einlassseite her, Fig. 7D ist eine Vorderansicht des Mantelabstandshalters, und Fig. 7E ist eine Rückansicht des Mantelabstandshalters.

[0036] Fig. 8 ist eine Querschnittsansicht zur Darstellung eines schematischen Aufbaus eines Zylinderkopfes des Motors.

[0037] Fig. 9 ist eine Ansicht zur Darstellung einer Bodenfläche des Zylinderkopfes mit einer daran angebrachten Dichtung.

[0038] Fig. 10 ist ein Blockdiagramm zur Darstellung eines Aufbaus einer Motorsteuer- bzw. Regeleinheit.

[0039] Fig. 11 ist eine schematische Ansicht zur Darstellung eines Flusses von Kühlwasser, wenn ein Durchflussanpassungsventil einen ersten Kühlmassendurchlass öffnet und zweite bis vierte Kühlmassendurchlässe schließt.

[0040] Fig. 12 ist eine schematische Ansicht zur Darstellung des Flusses von Kühlwasser, wenn das Durchflussanpassungsventil die ersten bis dritten Kühlmassendurchlässe öffnet und den vierten Kühlmassendurchlass schließt.

[0041] Fig. 13 ist eine schematische Ansicht zur Darstellung des Flusses von Kühlwasser, wenn das Durchflussanpassungsventil die ersten bis vierten Kühlmassendurchlässe alle öffnet.

[0042] Fig. 14 ist eine perspektivische Gesamtansicht des Mantelabstandshalters bei einer Betrachtung von der Einlassseite her entsprechend einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Detailbeschreibung von Ausführungsformen

[0043] Nachstehend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung auf Grundlage der beigefügten Zeichnung beschrieben. Die nachfolgende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen ist im Wesentlichen lediglich eine Illustration und soll

Umfang, Einsatz und Verwendung der vorliegenden Erfindung nicht beschränken.

[0044] Fig. 1 ist eine schematische Ansicht zur Darstellung eines Aufbaus einer Kühlvorrichtung **1** eines Mehrzylindermotors **2** entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Motor-kühlvorrichtung **1** beinhaltet: Wassermäntel **23** und **24**, die je weils in einem Zylinderblock **21** und einem Zylinderkopf **22** zur Bildung eines Hauptkörpers **20** des Motors **2** ausgebildet sind; einen Erwärmerkern **30** (Umwälzsystem, Wärmetauscher für Erwärmer) einer Klimaanlageeinheit, die beispielsweise innerhalb eines Armaturenbrettes (nicht dargestellt) angeordnet ist und das Innere eines Fahrzeuges (die Luft im Inneren) unter Verwendung von Kühlwasser (Kühlmittel) erwärmt; einen Ölkühler **31** zum Austauschen von Wärme zwischen dem Öl und dem Kühlwasser; einen ATF-Erwärmer **32** zum Erwärmen oder Kühlen eines nicht dargestellten Übertragungsfluides (bei dieser Ausführungsform ATF) durch das Kühlwasser; einen EGR-Kühler **33**, der innerhalb eines EGR-Durchlasses (nicht dargestellt) angeordnet ist und ein darin fließendes Auspuffgas durch das Kühlwasser kühlt; ein Kalt-EGR-Ventil **34**, das innerhalb des EGR-Durchlasses angeordnet ist und eine Fließrate des darin fließenden Auspuffgases anpasst; einen Radiator **37**, der beispielsweise in einem Vorderteil des Fahrzeuges angeordnet ist und das Kühlwasser unter Verwendung von Außenluft kühlt; einen ersten Kühlwasserdurchlass **40** (Umwälzsystem, Kühlmittelkreislauf) zum Umwälzen des Kühlwassers durch den Erwärmerkern **30** zu einem Auspuffseitenmantel **24b** (nachstehend noch beschrieben) des Wassermantels **24** des Zylinderkopfes **22**; einen zweiten Kühlwasserdurchlass **41** zum Umwälzen des Kühlwassers durch den Ölkühler **31** zu dem Motorhauptkörper **20**; einen dritten Kühlwasserdurchlass **42** zum Umwälzen des Kühlwassers durch den EGR-Kühler **33**, das EGR-Ventil **34** und den ATF-Erwärmer **32** zu dem Motorhauptkörper **20**; einen vierten Kühlwasserdurchlass **43** zum Umwälzen des Kühlwassers durch den Radiator **37** zu dem Motorhauptkörper **20**; und eine mechanische Wasserpumpe **51** (Umwälzsystem, nachstehend einfach als Wasserpumpe bezeichnet) zum Zuleiten des Kühlwassers zu dem Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21**.

[0045] Der Motor **2** ist ein Motor mit vier Zylindern in Reihe, bei dem vier Zylinder **25** vom Zwillingspaartyp entlang Axialrichtungen einer Kurbelwelle (nicht dargestellt) ausgerichtet sind, und ist zudem ein Funkenzündungsmotor, der einen Kompressionselbstzündungsverbrennungsbetrieb (CI-Betrieb), wenn eine Motorlast niedrig ist, und einen Funkenzündungsverbrennungsbetrieb (SI-Betrieb) unter den nachfolgenden Bedingungen durchführt, nämlich eine davon, wenn die Verbrennung während des CI-Betriebes des Motors instabil ist und wenn die Motorlast hoch ist. Der Motor **2** beinhaltet den Zylinderblock **21**,

der aus einer Aluminiumlegierung besteht, und den Zylinderkopf **22**, der ebenfalls aus einer Aluminiumlegierung besteht und an dem Zylinderblock **21** von dessen oberer Seite her angebracht ist. Kolben (nicht dargestellt) bewegen sich innerhalb der Zylinder **25**, die von dem Zylinderblock **21** und dem Zylinderkopf **22** gebildet werden, nach oben und unten.

[0046] Fig. 2 ist eine Planansicht des Zylinderblockes **21**. Der Motor **2** ist querläufig innerhalb eines Motorraumes platziert, der in einem Vorderteil des Fahrzeuges derart ausgebildet ist, dass sich die Kurbelwelle in Fahrzeugbreitenrichtungen erstreckt. Eine nicht dargestellte Einlassrohrverzweigung zum Einleiten von Einlassluft in die jeweiligen Zylinder **25** ist an der linken Seite des Motors **2** (obere Seite in Fig. 2) angeordnet, und ein nicht dargestelltes Auspuffsystem (beispielsweise eine Auspuffrohrverzweigung) ist an der rechten Seite des Motors **2** (untere Seite in Fig. 2) vorgesehen. Bolzenlöcher **21a**, in die Bolzen zum Befestigen des Zylinderkopfes **22** an dem Zylinderblock **21** eingepasst sind, sind in beiden Endabschnitten des Zylinderblockes **21** in den Längsrichtungen hiervon (Zylinderausrichtungsrichtungen, was nachstehend auch als Motor-Vorne-Hinten-Richtungen bezeichnet wird), und darüber hinaus an Einlassseiten- und Auspuffseitenpositionen von Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** angeordnet.

[0047] Der Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** umgibt einen Außenumfang der vier Zylinder **25** zur Ausbildung überall in dem Zylinderblock **21** in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen und ist geringfügig hin zur Mitte des Motors in Motor-Links-Rechts-Richtungen (Richtungen senkrecht zu den Vorne-Hinten-Richtungen) an Positionen im Wesentlichen entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** gekrümmt. Darüber hinaus ist ein Kühlwassereinlassweg **28** (Kühlmitteleinlassteil) zum Einleiten des von der Wasserpumpe **51** zugeleiteten Kühlwassers in den Wassermantel **23** in einem Auspuffseitenmotorvorderende einer Zylinderblockaußenumfangswand **27**, die den Außenumfang des Wassermantels **23** bildet, ausgebildet. Der Kühlwassereinlassweg **28** ist an einer Position der Zylinderblockaußenumfangswand **27** im Wesentlichen entsprechend einer unteren Sektion des Wassermantels **23** ausgebildet und neigt den Motor bei einer Annäherung an den Zylinder **25**, der von allen Zylindern **25** am nächsten am Vorderende des Motors befindlich ist, rückwärts (nachstehend werden die Zylinder **25**, die am nächsten an dem Vorderende und Rückende des Motors befindlich sind, als vordere beziehungsweise rückwärtige Zylinder **25** bezeichnet). Daher wird das Kühlwasser, das in die untere Sektion des Wassermantels **23** aus dem Kühlwassereinlassweg **28** eingeleitet wird, motorvorwärts und motorrückwärts abgezweigt. Ein Hauptteil des Kühlwassers fließt motorrückwärts, und der Rest des Kühlwassers fließt motorvorwärts.

[0048] Der Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** ist mit einem Mantelabstandshalter **80** (Konvektionsunterdrücker) versehen, der einen Weg des Kühlwassers innerhalb des Wassermantels **23** bildet. **Fig. 3** und **Fig. 4** sind Querschnittsansichten des Motorhauptkörpers **20**, in dem der Mantelabstandshalter **80** in dem Wassermantel **23** angeordnet ist, entlang einer Linie III-III beziehungsweise einer Linie IV-IV von **Fig. 2**. Darüber hinaus sind **Fig. 5** und **Fig. 6** perspektivische Gesamtansichten des Mantelabstandshalters **80** bei einer Betrachtung von den Auspuffbeziehungsweise Einlassseiten her. Des Weiteren ist **Fig. 7A** eine Planansicht des Mantelabstandshalters **80**, **Fig. 7B** ist eine Seitenansicht des Mantelabstandshalters **80** bei einer Betrachtung von der Auspuffseite her, **Fig. 7C** ist eine Seitenansicht des Mantelabstandshalters **80** bei einer Betrachtung von der Einlassseite her, **Fig. 7D** ist eine Vorderansicht des Mantelabstandshalters **80**, und **Fig. 7E** ist eine Rückansicht des Mantelabstandshalters **80**. Man beachte, dass in **Fig. 7B** und **Fig. 7D** die Position, die dem Kühlwassereinlassweg **28** entspricht, durch gestrichelte Linien angedeutet ist.

[0049] Der Mantelabstandshalter **80** besteht aus einem wärmebeständigen synthetischen Harz. Der Mantelabstandshalter **80** verfügt über einen Abstandshalterhauptkörper **81**, der in einer unteren Sektion (im Wesentlichen die untere Hälfte bei dieser Ausführungsform) des Wassermantels **23** angeordnet ist. Der Abstandshalterhauptkörper **81** weist eine im Wesentlichen zylindrische Form auf, die in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen schmal ist, und es sind Positionen des Abstandshalterhauptkörpers **81** entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** entlang des Umrisses der Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a** gekrümmt. Wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt ist, ist der Abstandshalterhauptkörper **81** nahe an den Zylindern **25** und weist einen geringfügigen Spalt zu den Zylindern **25** auf. Darüber hinaus ist der Abstandshalterhauptkörper **81** der Höhe nach an der Auspuffseite länger als an der Einlassseite ausgebildet.

[0050] Ein Paar von Flanschen **82** und **83**, die nach außen vorstehen, ist an einem oberen Ende und einem unteren Ende des Abstandshalterhauptkörpers **81** jeweils ausgebildet. Wie in **Fig. 5** und **Fig. 6** dargestellt ist, ist einer der Flansche **82** und **83** niedriger als der andere (nachstehend als unterer Flansch **83** bezeichnet) befindlich. Mit anderen Worten, der Flansch **83** ist über dem Gesamtumfang des unteren Endes des Abstandshalterhauptkörpers **81** ausgebildet. Wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt ist, weist der untere Flansch **82** im Wesentlichen dieselbe Breite (in den Links-Rechts-Richtungen von **Fig. 3** und **Fig. 4**) wie die untere Endbreite des Wassermantels **23** auf.

[0051] Des Weiteren ist an einer Position einer Außenumfangsfläche des Abstandshalterhauptkörpers

81 aufwärts von dem unteren Flansch **83** und unterhalb der Position entsprechend dem Kühlwassereinlassweg **28**, wie in **Fig. 5**, **Fig. 7B** und dergleichen dargestellt ist, ein Führungsstück **84** ausgebildet, um zu verhindern, dass von dem Kühlwassereinlassweg **28** eingeleitetes Kühlwasser nach unterhalb des Abstandshalterhauptkörpers **81** gelangt, und das eingeleitete Kühlwasser zu den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen zurückzuführen.

[0052] Demgegenüber ist einer der Flansche **82** und **83** höher als der andere (nachstehend als oberer Flansch bezeichnet) befindlich. Mit anderen Worten, der Flansch **82** ist im Wesentlichen über den Gesamtumfang des oberen Endes des Abstandshalterhauptkörpers **81** ausgebildet, und eine Ausschneidesektion **85** (siehe **Fig. 5**) ist in einem Motorvorderendabschnitt des Motors **82** ausgebildet. Insbesondere ist am oberen Ende des Abstandshalterhauptkörpers **81** der obere Flansch **82** im Uhrzeigersinn in **Fig. 7A** von der Position entsprechend dem Kühlwassereinlassweg **28** bis unmittelbar vor Erreichen eines Motorvorderendabschnittes des Abstandshalterhauptkörpers **81** an der Einlassseite ausgebildet, und die Ausschneidesektion **85** ist im Uhrzeigersinn von dem Motorvorderendabschnitt bis geringfügig vor Erreichen der Position entsprechend dem Kühlwassereinlassweg **28** ausgebildet.

[0053] Darüber hinaus verfügt, wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt ist, der obere Flansch **82** über dieselbe Breite wie ein im Wesentlichen mittlerer Schnitt des Wassermantels **23** in den Oben-Unten-Richtungen hiervon. Daher wird der Wassermantel **23** in obere und untere Sektionen durch den oberen Flansch **82** unterteilt, und es ist ein unterer Kühlwasserweg **23a**, in dem das von dem Kühlwassereinlassweg **28** eingeleitete Kühlwasser fließt, zwischen den oberen und unteren Flanschen **82** und **83** ausgebildet.

[0054] Des Weiteren sind rechteckige Öffnungen **81a**, die in den Oben-Unten-Richtungen schmal sind, an Positionen des Abstandshalterhauptkörpers **81** gerade unterhalb des oberen Flansches **82** und entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** ausgebildet. Insbesondere sind die Öffnungen **81a** in einem oberen Endabschnitt des Abstandshalterhauptkörpers **81** an der Auspuffseite an Positionen im Wesentlichen jeweils entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** ausgebildet. Die Öffnungen **81a** sind zudem in dem oberen Endabschnitt des Abstandshalterhauptkörpers **81** an der Einlassseite an Positionen im Wesentlichen jeweils entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** ausgebildet. Man beachte, dass in **Fig. 5** unter allen Öffnungen **81a** nur die Öffnungen **81a** an der Einlassseite dargestellt sind, und die Öffnungen **81a** an der Auslassseite von einem Auslassseitenabschnitt eines ersten Haltestückes **88a** (nachstehend noch beschrieben) bedeckt sind. Darüber

hinaus sind in **Fig. 6** unter allen Öffnungen **81a** nur die Öffnungen **81a** an der Auspuffseite dargestellt, und die Öffnungen **81a** an der Einlassseite sind von dem Einlassseitenabschnitt des ersten Haltestückes **88a** bedeckt.

[0055] Des Weiteren ist, wie in **Fig. 5** und **Fig. 7B** dargestellt ist, in dem Motorvorderendabschnitt der Außenumfangsfläche des Abstandshalterhauptkörpers **81** an der Auspuffseite ein Vorsprungsstück **81**, das sich im Wesentlichen parallel zu den Motor-Vorne-Hinten Richtungen erstreckt, nach außen vorstehend ausgebildet. Insbesondere zwischen dem Führungsstück **84** und den Öffnungen **81a** an der Auspuffseite erstreckt sich hinsichtlich der Höhe das Vorsprungsstück **86** von einer Motorrückposition von der Position entsprechend dem Kühlwassereinlassweg **28** zu einer Position unter der Öffnung **81a**, die am nächsten an dem Vorderende des Motors befindlich ist, unter den Öffnungen **81a** an der Auspuffseite (nachstehend werden die Öffnungen **81a**, die sich am nächsten an dem Vorderende und Rückende des Motors befinden, einfach als vordere beziehungsweise rückwärtige Öffnungen **81a** bezeichnet). Eingedenk der thermischen Expansion und dergleichen ist, wie in **Fig. 4** dargestellt ist, eine Vorsprungsbreite des Vorsprungsstückes **86** dieser Ausführungsform geringfügig schmaler als diejenige der im Wesentlichen mittleren Sektion des Wassermantels **23** in den Oben-Unten-Richtungen hiervon gewählt. Gleichwohl ist die Vorsprungsbreite des Vorsprungsstückes **86** vorzugsweise die gleiche wie die Breite des Wassermantels **23**, sodass kein Spalt dazwischen vorhanden ist.

[0056] Darüber hinaus ist, wie in **Fig. 6** und **Fig. 7C** dargestellt ist, in der Außenumfangsfläche des Abstandshalterhauptkörpers **81** an der Einlassseite zwischen einem Motorrückendabschnitt und einem geringfügig vorderwärtigen Abschnitt im Vergleich zur Mitte der Außenumfangsfläche in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen ein Führungsvorsprungsteil **87** nach außen vorstehend ausgebildet. Insbesondere erstreckt sich der Führungsvorsprungsteil **87** im Wesentlichen mit einer Neigung nach oben von einer Einlassseitenposition des unteren Flansches **83** entsprechend einer Zylinderbohrung **25b** des rückwärtigen Zylinders **25** (kann einfach als rückwärtige Zylinderbohrung **25b** bezeichnet werden) zu einer Position unterhalb der rückwärtigen Öffnung **21a** im Wesentlichen nach vorne, und der Führungsvorsprungsteil **87** erstreckt sich des Weiteren nach vorne im Wesentlichen parallel zu den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen zu einer Position unterhalb der vorderen Öffnung **81a**. Eingedenk einer thermischen Expansion und dergleichen ist, wie in **Fig. 3** und **Fig. 4A** dargestellt ist, eine Breite des Führungsvorsprungsteiles **87** dieser Ausführungsform geringfügig schmaler als der Wassermantel **23** gewählt. Gleichwohl ist die Breite des Führungsvorsprungsteiles **87** vorzugsweise die

gleiche wie die Breite des Wassermantels **23**, sodass kein Spalt dazwischen vorhanden ist.

[0057] Ein Haltestück **88** (Vertikalwand) zum Halten des Mantelabstandshalters **80** innerhalb des Wassermantels **23** ist an dem oberen Ende des Abstandshalterhauptkörpers **81** ausgebildet. Wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt ist, erstreckt sich das Haltestück **88** nach oben von dem oberen Ende des Abstandshalterhauptkörpers **81** aus, und es ist ein Ende des Haltestückes **88** nahe an einer Deckenoberfläche des Wassermantels **23**, mit anderen Worten, einer unteren Oberfläche einer Dichtung **29** (nachstehend noch beschrieben). Sogar dann, wenn der Mantelabstandshalter **80** mit Schwimmbojenkraft des Kühlwassers schwimmt, ist daher das Haltestück **88** in Kontakt mit der unteren Oberfläche der Dichtung **29**, weshalb der Mantelabstandshalter **80** an einer vorbestimmten Position gehalten wird. Daher bleibt der Abstandshalterhauptabschnitt **81** in der unteren Sektion des Wassermantels **23** und kann daher stets den Gesamtumfang der unteren Sektionen der Zylinderbohrungen **25b** als Ganzes umgeben.

[0058] Das Haltestück **88** beinhaltet einen ersten Haltestückteil **88a**, der an einem Außenumfang des oberen Flansches **82** ausgebildet ist, und erstreckt sich im Uhrzeigersinn in **Fig. 7A** von einer Position über einem Motorvorderendabschnitt des Vorsprungsstückes **86** bis unmittelbar vor Erreichen eines Motorvorderendes des oberen Flansches **82** an der Einlassseite. Der Halteabschnitt **88** beinhaltet zudem einen zweiten Haltestückteil **88b**, der am oberen Ende des Abstandshalterhauptkörpers **81** ausgebildet ist und sich im Gegenuhrzeigersinn in **Fig. 7A** von einer Position über einem Motorvorderende des Vorsprungsstückes **86** zu dem Motorvorderende des Abstandshalterhauptkörpers **81** erstreckt. Der Haltekörper **88** beinhaltet zudem ein Koppelungsstückteil **88c**, das das Ende des zweiten Haltestückteiles **88b** an der Auspuffseite mit dem Ende des ersten Haltestückteiles **88a** an der Auspuffseite koppelt. Des Weiteren ist ein oberer Kühlwasserweg **23b**, in dem das Kühlwasser in einem Raum zwischen dem Haltestück **88** und jedem der Zylinder **25** fließt, an der oberen Seite des oberen Flansches **82** ausgebildet.

[0059] **Fig. 8** ist eine Querschnittsansicht zur Darstellung eines schematischen Aufbaus des Zylinderkopfes **22** des Motors **2** und insbesondere eine Ansicht zur Darstellung eines Querschnittes des Zylinderkopfes **22**, der in den Motor-Links-Rechts-Richtungen die Mitte der Zylinderbohrung **25b** in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen passiert. Der Zylinderkopf **22** beinhaltet ein im Wesentlichen kuboides Blockelement, wobei Teile der Bodenfläche des Zylinderkopfes **22** entsprechend den Zylinderbohrungen **25b** jeweils Deckenflächen der Brennkammern **26** bilden. In einem Einlassseitenteil einer jeden Deckenfläche ist ein Paar von Einlassanschlüssen **22a**

mit Spalten dazwischen in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen ausgebildet, und es ist in einem Auspuffseitenteil der Deckenfläche ein Paar von Auspuffanschlüssen **22b** mit Spalten dazwischen in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen ausgebildet.

[0060] Der Wassermantel **24** ist innerhalb des Zylinderkopfes **22** ausgebildet. Der Wassermantel **24** beinhaltet einen Hauptmantel **24a**, der um die Brennkammern **26** der jeweiligen Zylinder **25** ausgebildet ist, und einen Wassermantel **24b**, der an einer Seite der Auspuffanschlüsse **22b** der jeweiligen Zylinder **25** entgegengesetzt bzw. gegenüberliegend zu den Brennkammern **26** ausgebildet ist.

[0061] Der Hauptmantel **24a** ist nahe an den Brennkammern **26** der jeweiligen Zylinder **25** ausgebildet und erstreckt sich im Wesentlichen über den gesamten Zylinderkopf **22** in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen, um so die Einlass- und Auspuffanschlüsse **22a** und **22b** der jeweiligen Zylinder **25** und den Außenumfang von Steck- bzw. Pfropflöchern zu umgeben. Der Hauptmantel **24a** kommuniziert mit einem Auslassweg **44**, der zu einem Rückendabschnitt geöffnet ist. Darüber hinaus kommuniziert der Hauptmantel **24a** zudem mit beiden Endsektionen des Auspuffmantels **24b** in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen über Löcher, die an beiden Endsektionen des Hauptmantels **24a** in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen ausgebildet sind. Damit fließt das Kühlwasser, das innerhalb des Hauptmantels **24a** fließt, in den Auspuffmantel **24b**.

[0062] Der Auspuffmantel **24b** ist nahe an den Auspuffanschlüssen **22b** der jeweiligen Zylinder **25** an der Oberseite der Auspuffanschlüsse **22b** ausgebildet, um sich im Wesentlichen über den gesamten Zylinderkopf **22** in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen zu erstrecken. Eine Endsektion des Auspuffmantels **24b** an der Auspuffseite (Außensektion des Auspuffmantels **24b** in den seitlichen Richtungen hiervon) in einem Querschnitt und eine rückwärtige Endsektion des Auspuffmantels **24b** sind dicker als andere Sektionen ausgebildet.

[0063] Fig. 9 ist eine Ansicht zur Darstellung der Bodenfläche des Zylinderkopfes **22** mit einer daran angebrachten Dichtung **29**. Die Dichtung **29** ist an der Bodenfläche des Zylinderkopfes **22** angebracht und bedeckt den Hauptmantel **24a**. Die Dichtung **29** ist mit kreisförmigen Durchtrittslöchern in Abschnitten entsprechend den Brennkammern **26** und Bolzeneinführdurchtrittslöchern **29a** an Positionen entsprechend den Bolzenlöchern **21a** mit Bildung in dem Zylinderblock **21** ausgebildet.

[0064] Des Weiteren sind erste Kommunikationswege **29b** (Zwischenbohrungskommunikationsdurchlässe), die jeweils eine kreisförmige Form aufweisen und über die der Wassermantel **23** des Zylinder-

derblockes **21** mit dem Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** kommuniziert, ausgebildet und treten durch Abschnitte der Dichtung **29** entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** hindurch, wobei ein Paar von zweiten Kommunikationswegen **29c** (Hauptkommunikationswege), die jeweils eine im Wesentlichen rechteckige Form aufweisen und über die der Wassermantel **23** mit dem Hauptmantel **24a** kommuniziert, ausgebildet sind und durch Abschnitte der Dichtung **29** entsprechend einer Motorvorderendsektion des Wassermantels **23** des Zylinderblockes **21** hindurchtreten.

[0065] Leitet die Wasserpumpe **51** das Kühlwasser dem Motorhauptkörper **20** mit vorbeschriebenem Aufbau zu, so fließt das Kühlwasser durch den Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** von dem Kühlwassereinlassweg **28** und tritt sodann in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** über die zweiten Kommunikationswege **29c** der Dichtung **29** ein. Das Kühlwasser tritt während seines Flusses durch den Wassermantel **23** in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** über die ersten Kommunikationswege **29b** der Dichtung **29** ein.

[0066] Nachstehend wird der Fluss des Kühlwassers beim Fließen durch den Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** detailliert beschrieben. Das von dem Kühlwassereinlassweg **28** eingeleitete Kühlwasser trifft zunächst auf einen Teil der Außenumfangsfläche des Abstandshalterhauptkörpers **81** mit Orientierung zu dem Kühlwassereinlassweg **28** und zweigt hin zu dem Vorderende und Rückende des Motors ab. Da der Kühlwassereinlassweg **28** hin zu dem Motorrückende bei Annäherung an den vorderen Zylinder **25**, wie vorstehend beschrieben worden ist, geneigt ist, ist der Fluss des von dem Kühlwassereinlassweg **28** eingeleiteten Kühlwassers zu dem Motorrückende orientiert. Daher fließt ein Hauptteil des Kühlwassers mit Leitung in eine Auspuffseitensektion des Wassermantels **23** von dem Kühlwassereinlassweg **28** hin zu dem Motorrückende, während der Rest des Kühlwassers zu dem Motorvorderende fließt.

[0067] Das Kühlwasser, das hin zu dem Motorvorderende fließt, passiert um die Zylinderbohrung **25b** des vorderen Zylinders **25**, fließt sodann durch die zweiten Kommunikationslöcher **29c** von der Ausschnittesektion **85**, die in dem oberen Flansch **82** des Mantelabstandshalters **80** ausgebildet ist, und fließt sodann in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22**.

[0068] Indes wird das Kühlwasser, das zu dem Motorrückende fließt, nahe an dem Kühlwassereinlassweg **28** durch den oberen Flansch **82** und das Haltestück **88** blockiert, damit das Kühlwasser nicht in den oberen Kühlwasserweg **23b** fließt. Daher fließt ein Großteil des Kühlwassers in den unteren Kühlwasserweg **23a**. Das Kühlwasser, das innerhalb des unteren Kühlwasserweges **23a** fließt, wird nach oben

und unten durch das Vorsprungsstück **86** an der Motorrückseite des Kühlwassereinlassweges **28** unterteilt. Da sich zudem das Vorsprungsstück **86** in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen erstreckt, kann ein Gleichrichteffekt, der einen stetigen bzw. glatten Fluss in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen Rückrichtungen erzeugt, verbessert werden.

[0069] Sodann erreicht das Kühlwasser, das innerhalb des unteren Kühlwasserweges **23a** fließt, die vordere Öffnung **81a**, der Teil des Kühlwassers, der an der oberen Seite des Vorsprungsstückes **86** fließt, tritt in die vordere Öffnung **81a** ein, fließt von dem Abstandshalterhauptkörper **81** weg und wird sodann nach oben hin zu dem Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22**, wo der Druck niedrig ist, gezogen. Hier tritt das Kühlwasser mit einem oberen Endbereich des entsprechenden Zwischenzylinderbohrungsabschnittes **25a** nahe an den Brennkammern **26** in Kontakt. Daher kann der obere Endbereich des Zwischenzylinderbohrungsabschnittes **25a** dort, wo die Temperatur leicht vergleichsweise hoch wird, effektiv gekühlt werden.

[0070] Demgegenüber wird verhindert, dass Kühlwasser, das an der unteren Seite des Vorsprungsstückes **86** passiert, in die vordere Öffnung **81a** durch das Vorsprungsstück **86** fließt, und fließt daher zum Motorrückende. Damit kann das Eintreten in die vordere Öffnung **81a** gegen Kühlwasser, das nahe an der vorderen Öffnung **81a** am nächsten an dem Kühlwassereinlassweg **28** mit hoher Fließgeschwindigkeit und hohem Fließdruck fließt, verhindert werden, und die Fließrate des Kühlwassers, das weiter stromabwärts fließt, kann vergrößert werden. Im Ergebnis wird die Fließrate des Kühlwassers im Wesentlichen unter allen Öffnungen **81a** ausgeglichen. Daher können die Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a** im Wesentlichen gleichmäßig gekühlt werden.

[0071] Das Kühlwasser, das durch die vordere Öffnung **81a** am nächsten an dem Kühlwassereinlassweg **28** passiert, fließt innerhalb der Auspuffseiten-sektion des Wassermantels **23** hin zu dem Motorrückende. Während des Fließens hin zu dem Motorrückende tritt ein Teil des Kühlwassers in die Öffnung **81a** benachbart zu der vorderen Öffnung **81a** und der rückwärtigen Öffnung **81a** an der Auspuffseite ein, tritt mit den jeweils entsprechenden Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** in Kontakt und kühlt diese. Das Kühlwasser, das die Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a** passiert hat, fließt nach oben und passiert die ersten Kommunikationswege **29b** und tritt in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** ein.

[0072] Das Kühlwasser, das durch die Auspuffseiten-sektion des Wassermantels **22** passiert ist, fließt um die rückwärtige Zylinderbohrung **25b** entlang der rückwärtigen Zylinderbohrung **25** und fließt sodann

innerhalb der Einlasseitensektion des Wassermantels **23** hin zu dem Motorvorderende. Obwohl hierbei der Einlasseitenabschnitt von dem Kühlwassereinlassweg **28** entfernt ist und der Druck des Kühlwassers abnimmt, da der Führungsvorsprungsteil **87** in dem Einlasseitenteil der Außenumfangsfläche des Abstandshalterhauptkörpers **81** ausgebildet ist, fließt das Kühlwasser an der oberen Seite des Führungsvorsprungsteiles **87**, und da die Fließwegquerschnittsfläche hin zu dem Motorvorderende allmählich kleiner wird, nimmt die Fließgeschwindigkeit allmählich zu. Im Ergebnis fließt das Kühlwasser, das bezüglich der Einlasseitensektion des Wassermantels **23** fließt, in die Öffnungen **81a** an der Einlassseite mit ausreichendem Druck ähnlich zu dem Kühlwasser, das in die Öffnungen **81a** an der Auspuffseite eintritt.

[0073] Sodann kühlt durch Kontaktaufnahme das Kühlwasser die Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a** entsprechend den Öffnungen **81a** an der Einlassseite, und zwar insbesondere obere Endbereiche der Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a**, fließt weiter nach oben und passiert durch die ersten Kommunikationswege **29b** und tritt in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** ein. Es können die Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a** von der Einlassseite her wie auch von der Auspuffseite her gekühlt werden. Daher können sämtliche Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a** gleichmäßiger gekühlt werden.

[0074] Da sich darüber hinaus der Führungsvorsprungsteil **87** in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen erstreckt, übt er einen gleichrichtenden Effekt aus, der das Kühlwasser in den Motor-Vorne-Hinten-Richtungen leitet, und zwar ähnlich zu dem Vorsprungsstück **86**. Man beachte, dass das Kühlwasser, das an der unteren Seite des Führungsvorsprungsteiles **87** fließt, an der unteren Seite des Führungsvorsprungsteiles **87** stagniert bzw. stehenbleibt.

[0075] Des Weiteren fließt das Kühlwasser, das innerhalb der Einlasseitensektion des Wassermantels **23** fließt, um die Zylinderbohrung **25b** des vorderen Zylinders **25** (kann einfach als vordere Zylinderbohrung **25b** bezeichnet werden) entlang der vorderen Zylinderbohrung **25b**, passiert durch die zweiten Kommunikationswege **29c** von der Ausschneidesektion **85** mit Bildung in dem oberen Flansch **82** und tritt in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** ein.

[0076] Man beachte, dass ein Teil des Kühlwassers, der in eine der Öffnungen **81a** des Mantelabstandshalters **80** fließt, nicht unmittelbar in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** durch den entsprechenden ersten Kommunikationsweg **29b** eintritt, und innerhalb des oberen Kühlwasserweges **23b** stetig bzw. ruhig fließt, während er teilweise stagniert bzw. stehenbleibt. Da hierbei die Abschnitte des Halte-

stückes **88** entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** hin zur Mitte des Motors in den Motor-Links-Rechts-Richtungen gekrümmt sind, wird das Kühlwasser, das in dem oberen Kühlwasserweg **23b** fließt, zu den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** durch die Abschnitte des Haltestückes **88** entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** geführt. Daher wird das Kühlwasser, das innerhalb des oberen Kühlwasserweges **23b** fließt, auch zum Kühlen der Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a** verwendet.

[0077] Indes hat das Kühlwasser, das innerhalb des Wassermantels **23** des Zylinderblockes **21** fließt, die Möglichkeit, eine Konvektion mit dem Fluss, der durch die Wasserpumpe **50** gebildet wird, oder eine Wärmeübertragung von den Brennkammern **26** zu verursachen. Infolge dieser Konvektion tritt das Kühlwasser in den Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** in den Wassermantel **24** des Zylinderkopfes **22** ein und fließt darin. Es besteht daher das Risiko einer Kühlung der Brennkammern **26** und ihrer Umgebung. Der Mantelabstandshalter **80** unterdrückt eine derartige Konvektion des Kühlwassers.

[0078] Insbesondere unterdrückt der obere Flansch **82** des Mantelabstandshalters **80** den Eintritt in den oberen Kühlwasserweg **23b** nahe an den Brennkammern **26** gegen das Kühlwasser, das innerhalb des unteren Kühlwasserweges **23a** an der unteren Seite des oberen Flansches **82** fließt. Zudem unterdrückt der untere Flansch **80** den nach unten gerichteten Fluss des Abstandshalterhauptkörpers **81** gegen das Kühlwasser, das innerhalb des unteren Kühlwasserweges **23a** fließt. Damit wird ein Eintreten innerhalb des Abstandshalterhauptkörpers **81**, mit anderen Worten ein Eintreten zwischen dem Abstandshalterhauptkörper **81** und jedem der Zylinder **85** gegen das Kühlwasser unterdrückt. Daher wird die Konvektion des Kühlwassers in dem Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** unterdrückt.

[0079] Darüber hinaus fließt das Kühlwasser zudem innerhalb des oberen Kühlwasserweges **23b** und bleibt stehen bzw. stagniert teilweise, wie vorstehend beschrieben worden ist, wobei aufgrund dessen, dass der obere Kühlwasserweg **23b** nahe an den Brennkammern **26** ist, das Kühlwasser erwärmt wird, weshalb die Möglichkeit besteht, dass eine Konvektion auftritt. Hierbei ist eine Wärmeübertragungsrates der Flüssigkeit durch natürliche Konvektion innerhalb eines abgedichteten Raumes in einem Verhältnis zu der annähernd $-1/9$ -ten Potenz des Verhältnisses der Höhe mit einer Breite des abgedichteten Raumes (hier Wassermantel **23**). Mit anderen Worten, da die Breite schmaler wird, wird die natürliche Konvektion stärker unterdrückt, und es wird die Wärmeübertragungsrates niedriger. Daher ist das Haltestück **88**, das den Außenumfang des oberen Kühlwasserweges **23b** bildet, derart vorgesehen, dass die

Breite des oberen Kühlwasserweges **23b** schmaler als der Wassermantel **23** wird, wobei im Vergleich zu einem Fall, in dem das Haltestück **88** nicht vorgesehen ist, die Konvektion in dem oberen Kühlwasserweg **23b** unterdrückt wird.

[0080] Der Mantelabstandshalter **80** bildet einen Konvektionsunterdrücker zum Unterdrücken dessen, dass die Konvektion des Kühlwassers infolge der Aktivierung der Wasserpumpe **51** auftritt, das Kühlwasser tritt in den Hauptmantel **24a** von dem Wassermantel **23** aus ein, und das Kühlwasser fließt innerhalb des Hauptmantels **24a**.

[0081] Damit tritt das Kühlwasser, das von dem Kühlwassereinlassweg **28** in den Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** fließt, in den Wassermantel **24** des Zylinderkopfes **22** ein und fließt zu dem Auslassweg **44**.

[0082] Wie in **Fig. 1** dargestellt ist, ist der Auslassweg **44** mit einem ersten Wassertemperatursensor **70** zum Erfassen einer Temperatur des Kühlwassers angeordnet. Der Auslassweg **44** kommuniziert mit den zweiten bis vierten Kühlwasserdurchlässen **41** und **43**.

[0083] Ein Kommunikationsteil für den Auslassweg **44** und die ersten bis vierten Kühlwasserdurchlässe **40** bis **43** sind mit einem Durchfluss- bzw. Fließanpassungsventilsatz **60** zum Schalten des Durchlasses, durch den das Kühlwasser von dem Auslassweg **44** fließt, versehen. Der Durchflussanpassungsventilsatz **60** beinhaltet Fließratenanpassungsventile und/oder Thermostate, die allgemein bekannt sind. Innerhalb des Durchflussanpassungsventilsatzes **60** ist ein Weg für den ersten Kühlwasserdurchlass **40** unabhängig von einem Weg für die zweiten bis vierten Kühlwasserdurchlässe **41** bis **43**. Der Betrieb des Durchflussanpassungsventilsatzes **60** wird durch eine Durchflussanpassungsventilsteuereingabe bzw. Regelung **7a** einer Motorsteuer- bzw. Regeleinheit **7** (Umwälzsystem, nachstehend als ECU bezeichnet), wie in **Fig. 10** dargestellt ist, gesteuert bzw. geregelt.

[0084] Hierdurch fließt das Kühlwasser bei vergleichsweise hoher Temperatur beim Fließen durch den Wassermantel **24** des Zylinderkopfes **22** hinaus zu den ersten bis vierten Kühlwasserdurchlässen **40** bis **43** von dem Auslassweg **44**.

[0085] Eine stromaufwärtige Endsektion des ersten Kühlwasserdurchlasses **40** kommuniziert mit dem Auspuffmantel **24b** über den Durchflussanpassungsventilsatz **60** und den Auslassweg **44**. Eine stromabwärtige Endsektion des ersten Kühlwasserdurchlasses **40** kommuniziert mit der Wasserpumpe **51** von der Einlassseite her. Der erste Kühlwasserdurchlass **40** ist mit dem Erwärmerkern **30** und einem zweiten Wassertemperatursensor **71** zum Erfassen der Tem-

peratur des Kühlwassers in dieser Reihenfolge von der stromaufwärtigen Seite her versehen. Das Kühlwasser, das durch den ersten Kühlwasserdurchlass **40** fließt, erwärmt die Luft innerhalb des Fahrzeuges durch einen Wärmetausch in dem Erwärmerkern **30** und tritt sodann in die Wasserpumpe **51** ein.

[0086] Der zweite Kühlwasserdurchlass **41** läuft mit dem vierten Kühlwasserdurchlass **43** an einer Position stromabwärts von dem Radiator **37** zusammen. Eine stromabwärtige Endsektion des zweiten Kühlwasserdurchlasses **41** kommuniziert mit der Wasserpumpe **51** von der Einlassseite her. Ein Kühler **31** ist in dem zweiten Kühlwasserdurchlass **41** stromaufwärts von der Zusammenlaufposition mit dem vierten Kühlwasserdurchlass **43** versehen. Das Kühlwasser auf vergleichsweise hoher Temperatur erfährt beim Fließen durch den zweiten Kühlwasserdurchlass **41** einen Wärmetausch mit dem Öl in dem Ölkühler **31** und wird sodann zur Einlassseite der Wasserpumpe **51** zurückgeführt.

[0087] Der dritte Kühlwasserdurchlass **42** läuft mit dem vierten Kühlwasserdurchlass **43** an einer Position stromabwärts von dem Radiator **37** und stromaufwärts von der Zusammenlaufposition der zweiten und vierten Kühlwasserdurchlässe **41** und **43** zusammen. Eine stromaufwärtige Endsektion des dritten Kühlwasserdurchlasses **42** kommuniziert mit dem zweiten Kühlwasserdurchlass **41** an einer Position stromaufwärts von dem Ölkühler **31**, mit anderen Worten zwischen dem Durchflusspannungsventilsatz **60** und dem Ölkühler **31**. Eine stromabwärtige Endsektion des dritten Kühlwasserdurchlasses **42** kommuniziert mit der Wasserpumpe **51** von der Einlassseite her. Der EGR-Kühler **33** und das EGR-Ventil **34** sowie der ATF-Erwärmer **32** sind in dem dritten Kühlwasserdurchlass **42** stromaufwärts von der Zusammenlaufposition mit dem vierten Kühlwasserdurchlass **43** in dieser Reihenfolge von der stromaufwärtigen Seite her vorgesehen. Der EGR-Kühler **33** und das EGR-Ventil **34** sind parallel zueinander in dem dritten Kühlwasserdurchlass **42** angeordnet. Ein Teil des Kühlwassers auf vergleichsweise hoher Temperatur kühlt beim Fließen durch den dritten Kühlwasserdurchlass **42** das Auspuffgas in dem EGR-Kühler **33** mittels Wärmetausch, während der andere Teil des Kühlwassers einen Wärmetausch mit dem EGR-Ventil **34** durchführt. Sodann führt das Kühlwasser einen Wärmetausch mit dem ATF in dem ATF-Erwärmer **32** durch und wird zur Einlassseite der Wasserpumpe **51** zurückgeführt.

[0088] Eine stromabwärtige Endsektion des vierten Kühlwasserdurchlasses **43** kommuniziert mit der Wasserpumpe **51** von der Einlassseite her. Der vierte Kühlwasserdurchlass **43** ist mit dem Radiator **37** versehen. Das Kühlwasser auf vergleichsweise hoher Temperatur wird beim Fließen durch den vierten Kühlwasserdurchlass **43** durch Wärmetausch mit der

Außenluft in dem Radiator **37** gekühlt und zu der Einlassseite der Wasserpumpe **51** zurückgeführt.

[0089] Die Wasserpumpe **51** ist vom allgemein bekannten Zentrifugaltyp, bei dem das Kühlwasser beispielsweise durch Drehung eines Propellers hinausgedrückt wird, wobei eine Welle des Propellers durch die Drehung der Kurbelwelle des Motorhauptkörpers **20** bewirkt wird.

[0090] Wie bekannt ist, beinhaltet die ECU **7** eine CPU, einen Speicher, eine I/O-Schnittstellenschaltung und eine Treiberschaltung und führt eine Kraftstoffeinspritzungssteuerung bzw. Regelung und eine Zündungszeitaktungssteuerung bzw. Regelung für jeden Zylinder **25** durch, um so den Betrieb des Motors **2** zu steuern bzw. zu regeln. Zusätzlich steuert bzw. regelt die ECU **7** den Betrieb des Durchflusspannungsventilsatzes **60** entsprechend den Zuständen der Wandtemperatur einer jeden Brennkammer **26** und einen Erwärmungsbetrieb und dergleichen mehr.

[0091] Mit anderen Worten, empfängt, wie in **Fig. 10** dargestellt ist, die ECU **7** wenigstens ein Signal von einem Lastzustandssensor **72** (beispielsweise einem Beschleunigungsöffnungssensor und/oder einem Luftstromsensor des Fahrzeuges) zum Erfassen eines Lastzustandes des Motors **2**, und die ECU **7** bestimmt den Motorlastzustand auf Grundlage des Signals. Ist die Motorlast niedrig, so nimmt der Motor **2** den CI-Betrieb vor, wobei dann, wenn die Motorlast hoch ist, der Motor **2** den SI-Betrieb durchführt. Da die Konvektion des Kühlwassers in dem Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** durch den Mantelabstandshalter **80** unterdrückt wird, wird es schwierig, die Wand der Brennkammer **23** zu kühlen, was die Zunahme der Wandtemperatur der Brennkammer **26** in einer frühen Phase stimuliert, und es kann die Kompressionselbstzündungsverbrennung in einer frühen Phase stabilisiert und aufrechterhalten werden. Im Ergebnis kann der CI-Betriebsbereich erweitert werden, und es kann der Kraftstoffverbrauch verbessert werden.

[0092] Darüber hinaus empfängt die ECU **7** wenigstens das Signal von dem ersten Wassertemperatursensor **70** und ein Signal von einem Erwärmungsbetriebszustandssensor **73** (beispielsweise einem Sensor zum Erfassen von Ein- und Aus-Zuständen eines Wärmebetriebsschalters) zum Erfassen des Erwärmungsbetriebszustandes, bestimmt die Zustände der Wandtemperatur der Brennkammer **26** und den Erwärmungsbetrieb und steuert bzw. regelt den Betrieb des Durchflusspannungsventilsatzes **60** entsprechend dem Bestimmungsergebnis.

[0093] Der Gesamtfluss des Kühlwassers in der Motorkühlvorrichtung **1** mit vorbeschriebenem Aufbau ist schematisch in **Fig. 1** dargestellt, die den Fluss dar-

stellt, wenn der Durchflussanpassungsventilsatz **60** die ersten bis vierten Kühlwasserdurchlässe **40** bis **43** schließt. Hierbei tritt der Fluss des Kühlwassers in den Wassermänteln **23** und **24** innerhalb des Motorhauptkörpers **20** kaum auf. Obwohl die Konvektion des Kühlwassers in dem Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** durch die Verbrennung der Brennkammer **26**, wie vorstehend beschrieben worden ist, auftreten kann, wird die Konvektion des Kühlwassers in dem Wassermantel **23** durch den Mantelabstandshalter **80** unterdrückt. Daher wird der Eintritt in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** gegen das Kühlwasser aus dem Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** unterdrückt, und der Fluss des Kühlwassers tritt in dem Hauptmantel **24a** kaum auf. Im Ergebnis ist es schwierig, die Brennkammer **26** und die Umgebung hiervon zu kühlen.

[0094] Wenn demgegenüber der Durchflussanpassungsventilsatz **60** die zweiten bis vierten Kühlwasserdurchlässe **41** bis **43** schließt und den ersten Kühlwasserdurchlass **40**, wie in **Fig. 11** gezeigt ist, öffnet, passiert das Kühlwasser, das von der Wasserpumpe **51** zu dem Kühlwassereinlassweg **28** mit Bildung in dem Zylinderblock **21** ausgesandt wird, von dem Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** zu der Motorvordersektion des Hauptmantels **24a** des Zylinderkopfes **22** über die zweiten Kommunikationswege **29c** ohne Passieren durch die ersten Kommunikationswege **29b**, woraufhin das Kühlwasser in den Auspuffmantel **24b** eintritt. Daher tritt das Kühlwasser in den Auspuffmantel **24b** hauptsächlich ohne Fließen innerhalb des Wassermantels **23** des Zylinderblockes **21** und des Wassermantels **24a** des Zylinderkopfes **22** ein. Man beachte, dass die Möglichkeit besteht, dass dieses Fließen des Kühlwassers das Kühlwasser innerhalb des Wassermantels **23** des Zylinderblockes **21** zieht (beeinflusst), um eine Konvektion zu bewirken, wobei der Mantelabstandshalter **80**, der in dem Wassermantel **23** angeordnet ist, eine derartige Konvektion unterdrückt. Sodann fließt das Kühlwasser durch den Auspuffmantel **24b**, passiert durch den Auslassweg **44**, fließt innerhalb des ersten Kühlwasserdurchlasses **40** und wird sodann zurück zur Einlassseite der Wasserpumpe **50** geleitet. Hierbei nimmt das Kühlwasser den Wärmetausch durch den Erwärmerkern **30** vor.

[0095] Wenn darüber hinaus der Durchflussanpassungsventilsatz **30** zudem die zweiten und dritten Kühlwasserdurchlässe **41** und **42** öffnet und den vierten Kühlwasserdurchlass **43** geschlossen hält, wie in **Fig. 12** gezeigt ist, passiert das Kühlwasser, das von der Wasserpumpe **51** zu dem Kühlwassereinlassweg **28** mit Bildung in dem Zylinderblock **21** ausgesandt wird, von dem Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** die ersten Kommunikationswege **29b** und die zweiten Kommunikationswege **29c** und tritt sodann in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** ein. Zudem wird hier die Konvektion des Kühlwassers in-

nerhalb des Wassermantels **23** des Zylinderblockes **21** durch den Mantelabstandshalter **80** unterdrückt. Sodann fließt das Kühlwasser durch den Auspuffmantel **24b** von dem Hauptmantel **24a**, passiert sodann durch den Auslassweg **44**, fließt durch die zweiten und dritten Kühlwasserwege **41** und **42** und wird zur Einlassseite der Wasserpumpe **51** zurückgeleitet. Hierbei fließt das Kühlwasser durch den Ölkühler **31**, den EGR-Kühler **33**, das EGR-Ventil **34** und den ATF-Erwärmer **32**, wohingegen es nicht durch den Radiator **37** fließt. Wenn daher der Fließventilanpassungsventilsatz **60** den ersten Kühlwasserdurchlass **40** öffnet, führt das Kühlwasser einen Wärmetausch durch den Erwärmerkern **30** ähnlich zur vorstehenden Beschreibung durch.

[0096] Wenn darüber hinaus der Durchflussanpassungsventilsatz **60** die ersten bis vierten Kühlwasserdurchlässe **40** bis **43**, wie in **Fig. 13** gezeigt ist, öffnet, fließt das Kühlwasser, das von der Wasserpumpe **51** zu dem Kühlwassereinlassweg **28** mit Bildung innerhalb des Zylinderblockes **21** ausgesandt wird, zu dem Wassermantel **24** des Zylinderkopfes **22** ähnlich zur vorstehenden Beschreibung, fließt durch die zweiten bis vierten Kühlwasserdurchlässe **41** bis **43** und wird sodann zur Einlassseite der Wasserpumpe **51** zurückgeleitet. Hierbei fließt das Kühlwasser durch den Ölkühler **31**, den EGR-Kühler **33**, das EGR-Ventil **34**, den ATF-Erwärmer **32** und den Erwärmer **37**. Wenn zudem der Durchflussanpassungsventilsatz **60** den ersten Kühlwasserdurchlass **40** öffnet, führt das Kühlwasser einen Wärmetausch durch den Erwärmerkern **30** ähnlich zur vorstehenden Beschreibung durch.

[0097] Wie vorstehend beschrieben worden ist, öffnet der Durchflussanpassungsventilsatz **60** die zweiten und dritten Kühlwasserdurchlässe **41** und **42** und sodann den vierten Kühlwasserdurchlass **43** in dieser Reihenfolge, wenn die Kühlwassertemperatur zunimmt.

Betriebssteuerung bzw. Regelung des Durchflussanpassungsventilsatzes

[0098] Als Nächstes wird die Ventilsteuerung bzw. Regelung des Motors **2** und des Durchflussanpassungsventilsatzes **60** durch die ECU **7** nach dem Motorstart beschrieben.

[0099] Bei einem Motorkaltstart (bei Erwärmen des Motors) führt, wenn die Kühlwassertemperatur niedriger als eine erste Zielwassertemperatur (beispielsweise 80°C) ist und der Erwärmungsbetrieb angehalten ist (wenn der Erwärmungsbetrieb nicht angefordert ist), der Motor **2** den SI-Betrieb durch und betätigt den Durchflussanpassungsventilsatz **60** zum Schließen der ersten bis vierten Kühlwasserdurchlässe **40** bis **43**. Auf diese Weise wird das Fließen des Kühlwassers innerhalb der Wassermäntel **23** und **24** in-

nerhalb des Motorhauptkörpers **20** und insbesondere die Konvektion des Kühlwassers in dem Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** durch den Mantelabstandshalter **80** unterdrückt, und es wird eine Kühlung der Brennkammer **26** schwierig, was die Zunahme der Wandtemperatur der Brennkammer **26** in der frühen Phase stimuliert.

[0100] Wenn demgegenüber beim Motorkaltstart die Kühlwassertemperatur niedriger als die erste Zielwassertemperatur ist und der Erwärmungsbetrieb durchgeführt wird (wenn der Erwärmungsbetrieb angefordert ist), führt der Motor **2** den SI-Betrieb durch und betätigt den Durchflussanpassungsventilsatz **60** zum Öffnen des ersten Kühlwasserdurchlasses **40** und Schließen der zweiten bis vierten Kühlwasserdurchlässe **41** bis **43**. Auf diese Weise fließt das Kühlwasser innerhalb der Wassermäntel **23** und **24** des Zylinderblockes **21** und des Zylinderkopfes **22**. Hierbei wird das Kühlwasser gleichmäßig den Sektionen entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** zugeleitet, und die Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a** werden gleichmäßig gekühlt. Des Weiteren wird die Konvektion des Kühlwassers in dem Wassermantel **23** des Zylinderblockes **21** durch den Mantelabstandshalter **80** unterdrückt, und das Fließen des Kühlwassers innerhalb des Hauptmantels **24a** des Zylinderkopfes **22** wird unterdrückt. Im Ergebnis wird die Zunahme der Wandtemperatur der Brennkammer **26** in der frühen Phase stimuliert. Sodann fließt das Kühlwasser durch den Erwärmerkern **30**, und es wird das Innere des Fahrzeuges erwärmt.

[0101] Man beachte, dass während des Erwärmungsbetriebes der Durchflussanpassungsventilsatz **60** zum Begrenzen der Fließrate des Kühlwassers betätigt wird, wenn die Drehzahl des Motors **2** zunimmt. Dadurch nimmt die Wärmemenge des Kühlwassers, das innerhalb des ersten Kühlwasserdurchlasses **40** fließt, pro Einheitsfließrate zu. Ein Teil der Wärme des Kühlwassers wird nicht ausgetauscht und nur durch den ersten Kühlwasserdurchlass **40** umgewälzt, was zu einem unerwünschten Extraaufwand für die Wasserpumpe führt. Daher kann sogar dann, wenn die Fließrate des Kühlwassers, das innerhalb des ersten Kühlwasserdurchlasses **40** fließt, entsprechend der Zunahme der Motordrehzahl begrenzt wird, die Wärmemenge, die die Wärmebetriebsanforderung erfüllt, dem Erwärmerkern **30** zugeleitet werden, und es kann das Wärmeleistungsvermögen sichergestellt werden. Daher kann durch Verwenden des Durchflussanpassungsventilsatzes **60** zum Begrenzen der Fließrate des Kühlwassers, das innerhalb des ersten Kühlwasserdurchlasses **40** fließt, entsprechend der Zunahme der Motordrehzahl während des Erwärmungsbetriebes die Arbeitslast der Wasserpumpe **41** zum Umwälzen des Kühlwassers bei gleichzeitiger Sicherstellung des Leistungsvermögens des Erwärmers gesenkt werden, und die Be-

triebslast des Motors **2**, der zum Betreiben der Wasserpumpe **51** verwendet wird, kann verringert werden.

[0102] Wenn darüber hinaus beim Motorkaltstart, wenn die Kühlwassertemperatur die erste Zielwassertemperatur oder höher ist, die Wandtemperatur der Brennkammer **26** als höher als eine Zielwandtemperatur (vorbestimmte Temperatur) betrachtet wird, wie in **Fig. 12** dargestellt ist, wird der Motorbetriebszustand von dem SI-Betrieb in den CI-Betrieb geschaltet, und der Durchflussanpassungsventilsatz **60** wird zum Öffnen der zweiten und dritten Kühlwasserdurchlässe **41** und **42** und Schließen des vierten Kühlwasserdurchlasses **43** betätigt. Auf diese Weise fließt das Kühlwasser durch die Wassermäntel **23** und **24** innerhalb des Motorhauptkörpers **20**. Des Weiteren fließt das Kühlwasser durch den EGR-Kühler **33**, das EGR-Ventil **34** und den ATF-Erwärmer **32**, kühlt das Auspuffgas in dem EGR-Kühler **33** durch Austausch von Wärme und tauscht auch Wärme mit dem EGR-Ventil **34** aus. Sodann tauscht das Kühlwasser weiter Wärme mit dem ATF in dem ATF-Erwärmer **32** aus. Darüber hinaus fließt während des Erwärmungsbetriebes das Kühlwasser durch den Erwärmerkern **30**, und das Innere des Fahrzeuges wird erwärmt.

[0103] Nachdem der Motor **2** erwärmt ist, wird zudem dann, wenn die Kühlwassertemperatur höher als eine zweite Zielwassertemperatur wird, die höher als die erste Zieltemperatur ist, eine Wärmefreisetzung von dem Motor **2** als angefordert betrachtet, und der Durchflussanpassungsventilsatz **60** wird zum Öffnen der zweiten bis vierten Kühlwasserdurchlässe **41** bis **43**, wie in **Fig. 13** dargestellt ist, betätigt. Auf diese Weise fließt das Kühlwasser durch die Wassermäntel **23** und **24** innerhalb des Motorhauptkörpers **20** ähnlich zur vorstehenden Beschreibung. Des Weiteren fließt das Kühlwasser durch den EGR-Kühler **33**, das EGR-Ventil **34** und den ATF-Erwärmer **32** ähnlich zur vorstehenden Beschreibung. Das Kühlwasser fließt zudem durch den Radiator **37**, und das Kühlwasser wird durch Austauschen von Wärme mit der Außenluft in dem Radiator **37** gekühlt. Zuletzt fließt während des Erwärmungsbetriebes das Kühlwasser durch den Erwärmerkern **30** ähnlich zur vorstehenden Beschreibung.

[0104] Man beachte, dass auch nachdem der Motor **2** erwärmt ist, das Kühlwasser innerhalb des Wassermantels **23** des Zylinderblockes **21** durch die Öffnungen **81a** des Mantelabstandshalters **80** passiert, mit den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** in Kontakt tritt, nach oben fließt, um durch die ersten Kommunikationswege **29b** zu passieren, und in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** eintritt. Daher können, sogar nachdem das Erwärmen abgeschlossen ist, die Zwischenzylinderbohrungsabschnitte **25a** gekühlt werden.

Weitere Ausführungsformen

[0105] Bei der vorstehenden Ausführungsform ist das Haltestück **88** des Mantelabstandshalters **80** im Wesentlichen über dem Gesamtumfang des oberen Flansches **82** ausgebildet. Man ist jedoch nicht auf diese Ausführungsform wie bei dem Mantelabstandshalter **180** von **Fig. 14** beschränkt, sondern dieser kann auch nur an Positionen eines oberen Flansches **182** im Wesentlichen entsprechend den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** ausgebildet sein. Insbesondere sind von Positionen des oberen Flansches **182** entsprechend den jeweiligen Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** hin zu der stromaufwärtigen Seite Haltestücke **188** ausgebildet und krümmen sich entlang eines Außenumfangs des **88** des oberen Flansches **182**. Wenn sich daher das Kühlwasser, das innerhalb des oberen Kühlwasserweges **23b** fließt, den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** annähert, wird es zu den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** durch die Haltestücke **188** geführt. Sodann tritt das geführte Kühlwasser mit den Zwischenzylinderbohrungsabschnitten **25a** in Kontakt, fließt nach oben und passiert durch die ersten Kommunikationswege **29b** und tritt in den Hauptmantel **24a** des Zylinderkopfes **22** ein. Man beachte, dass die Haltestücke **188** nicht über dem gesamten Außenumfang des oberen Flansches **182** ausgebildet sind, wobei der Effekt, der die Konvektion des Kühlwassers unterdrückt, das innerhalb des oberen Kühlwasserweges **23b** fließt, im Vergleich zur vorbeschriebenen Ausführungsform geringer wird. Daher ist eingedenk der Konvektionsunterdrückung das Haltestück **88** vorzugsweise über dem gesamten Außenumfang des oberen Flansches **82** wie der Mantelabstandshalter **80** der vorstehenden Ausführungsform ausgebildet.

[0106] Darüber hinaus beinhaltet bei der vorstehenden Ausführungsform der Konvektionsunterdrücker den Mantelabstandshalter **80**, der in dem Wassermantel **83** des Zylinderblockes **21** angeordnet ist. Man ist jedoch nicht auf diese Ausführungsform beschränkt, sondern es kann ein beliebiger Aufbau gegeben sein, solange die Konvektion des Kühlwassers in dem Wassermantel **23** unterdrückt werden kann.

[0107] Wie vorstehend beschrieben worden ist, kann die Kühlstruktur des Mehrzylindermotors entsprechend der vorliegenden Erfindung bei verschiedenen Anwendungen, so beispielsweise dem Kühlen einer Mehrzahl von Zwischenzylinderbohrungsabschnitten, angewendet werden.

[0108] Es sollte einsichtig sein, dass die Ausführungsformen illustrativ und nicht restriktiv sind, da der Umfang der Erfindung durch die beigefügten Ansprüche und nicht durch die vorhergehenden Beschreibung definiert ist, und sämtliche Änderungen, die innerhalb von Wesen und Umfang der Ansprüche be-

findlich sind, oder Äquivalente zu Wesen und Umfang hiervon in den Ansprüchen als mit umfasst betrachtet werden sollen.

Bezugszeichenliste

1	Motorkühlvorrichtung (Kühlvorrichtung des Mehrzylindermotors)
2	Motor (Mehrzylindermotor)
7	ECU (Umwälzsystem)
25	Zylinder
25b	Zylinderbohrung
21	Zylinderblock
22	Zylinderkopf
23	Wassermantel des Zylinderblockes
24	Wassermantel des Zylinderkopfes
24a	Hauptmantel
24b	Auspuffmantel (Umwälzsystem)
27	Zylinderblockaußenumfangswand
28	Kühlwassereinlassweg (Kühlmitteleinlass- teil)
29b	erster Kommunikationsweg (Zwischenboh- rungskommunikationsdurchlass)
29c	zweiter Kommunikationsweg (Hauptkom- munikationsweg)
30	Erwärmerkern (Umwälzsystem)
40	erster Kühlwasserdurchlass (Umwälzsys- teme, Kühlmittelkreislauf)
51	Wasserpumpe (Umwälzsystem)
60	Durchflussanpassungsventilsatz
80	Mantelabstandshalter (Konvektionsunter- drücker)
81	Abstandshalterhauptkörper
81a	Öffnung
82	oberer Flansch
83	unterer Flansch
85	Ausschneidesektion
88	Haltestück (Vertikalwand)

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 5223389 B [0002, 0006]

Patentansprüche

1. Kühlvorrichtung für einen Mehrzylindermotor, beinhaltend einen Zylinderkopf (22) und einen Zylinderblock (21), wobei die Kühlvorrichtung ein Kühlmittel von einer Wasserpumpe (51) durch einen Wassermantel (24) des Zylinderkopfes (22) und einen Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) umwälzt, wobei die Kühlvorrichtung umfasst:

einen Hauptmantel (24a) des Wassermantels (24) des Zylinderkopfes (22), der um Brennkammern (26) des Motors ausgebildet ist;

einen Auspuffmantel (24b) des Wassermantels (24) des Zylinderkopfes (22), der mit dem Hauptmantel (24a) kommuniziert und an einer Seite von Auspuffanschlüssen entgegengesetzt bzw. gegenüberliegend zu den Brennkammern (26) ausgebildet ist;

ein Umwälzsystem zum Unterdrücken dessen, dass das Kühlmittel durch den Hauptmantel (24a) bei einem Motorkaltstart fließt, indem das Kühlmittel durch die Wasserpumpe (51) und den Auspuffmantel (24b) umgewälzt wird; und

einen Konvektionsunterdrücker (80) zum Unterdrücken dessen, dass das Kühlmittel in den Hauptmantel (24a) von dem Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) bei dem Motorkaltstart fließt, indem das Auftreten einer Konvektion des Kühlmittels innerhalb des Wassermantels (23) des Zylinderblockes (21) unterdrückt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei ein Kühlmittelleinlassteil (28) zum Einleiten des Kühlmittels in eine untere Sektion des Wassermantels (23) in einer Zylinderblockaußenumfangswand ausgebildet ist, die einen Außenumfang des Wassermantels (23) des Zylinderblockes (21) bildet,

wobei der Konvektionsunterdrücker (80) einen Mantelabstandshalter beinhaltet, der in dem Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) angeordnet ist,

wobei der Mantelabstandshalter aufweist:

einen Abstandshalterhauptkörper (81), der in dem Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) angeordnet ist und alle Umfänge unterer Sektionen einer Mehrzahl von Zylinderbohrungen (25b) als Ganzes umgibt;

ein Paar von Flanschen (82, 83), die nach außen von beiden oberen und unteren Enden des Abstandshalterhauptkörpers (81) jeweils vorstehen; und

eine Vertikalwand (88), die sich im Wesentlichen nach oben von einem Außenumfangsende desjenigen von dem Paar von Flanschen, der höher als der andere befindlich ist, erstreckt, und

wobei eine Ausschneidesektion (85) an einer Position des oberen Flansches (82) nahe an dem Kühlmittelleinlassteil (28) ausgebildet ist und Hauptkommunikationswege, über die der Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) mit dem Hauptmantel (24a) kommuniziert, über der Ausschneidesektion (85) ausgebildet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei Öffnungen (81a) an Positionen eines oberen Endabschnittes des Abstandshalterhauptkörpers (81) im Wesentlichen jeweils entsprechend Zwischenzylinderbohrungsabschnitten (25a) ausgebildet sind, und wobei ein Zwischenbohrungskommunikationsdurchlass (29b), über den der Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) mit dem Hauptmantel (24a) kommuniziert, über jeder der Öffnungen (81a) ausgebildet ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wasserpumpe (51), der Auspuffmantel (24b) und ein Wärmetauscher (31) für eine Heizung in einem Kühlmittelkreislauf zum Umwälzen des Kühlmittels durch die Wasserpumpe (51) und den Auspuffmantel (24b) vorgesehen sind, und das Umwälzsystem den Kühlmittelkreislauf und die Wasserpumpe (51), den Auspuffmantel (24b) und den Wärmetauscher (30) für eine Heizung beinhaltet und/oder die Wasserpumpe (51) durch den Mehrzylindermotor betrieben wird und/oder

das Umwälzsystem zudem einen Durchflussanpassungsventilsatz (60) zum Begrenzen einer Fließrate des Kühlmittels bei einer Zunahme der Motordrehzahl, wenn ein Erwärmungsbetrieb angefordert ist, beinhaltet.

5. Funkenzündungsmotor, beinhaltend einen Zylinderkopf (22), einen Zylinderblock (21) und eine Kühlvorrichtung, die ein Kühlmittel von einer Wasserpumpe (51) durch einen Wassermantel (24) des Zylinderkopfes (22) und einen Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) umwälzt, wobei die Kühlvorrichtung umfasst:

einen Hauptmantel (24a) des Wassermantels (24) des Zylinderkopfes (22), der um Brennkammern (26) des Motors ausgebildet ist;

einen Auspuffmantel (24b) des Wassermantels (24) des Zylinderkopfes (22), der mit dem Hauptmantel (24a) kommuniziert und an einer Seite von Auspuffanschlüssen entgegengesetzt bzw. gegenüberliegend zu den Brennkammern (26) ausgebildet ist;

ein Umwälzsystem zum Unterdrücken dessen, dass das Kühlmittel durch den Hauptmantel (24) bei einem Motorkaltstart fließt, indem das Kühlmittel durch die Wasserpumpe (51) und den Auspuffmantel (24b) umgewälzt wird; und

einen Konvektionsunterdrücker (80) zum Unterdrücken dessen, dass das Kühlmittel in den Hauptmantel (24a) von dem Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) bei dem Motorkaltstart fließt, indem das Auftreten einer Konvektion des Kühlmittels innerhalb des Wassermantels (23) des Zylinderblockes (21) unterdrückt wird.

6. Motor nach Anspruch 5, wobei der Motor dafür ausgestaltet ist, einen Kompressionselbstzündungsverbrennungsbetrieb dann, wenn eine Motorlast niedrig ist, und einen Funkenzündungsverbren-

nungsbetrieb dann, wenn die Motorlast hoch ist, durchzuführen.

7. Motor nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Konvektionsunterdrücker (80) einen Mantelabstandshalter beinhaltet, der in dem Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) angeordnet ist.

8. Konvektionsunterdrücker (80), beinhaltend einen Mantelabstandshalter, der in einem Wassermantel (23) eines Zylinderblockes (21) eines Motors anzuordnen ist, wobei der Mantelabstandshalter aufweist: einen Abstandshalterhauptkörper (81), der in dem Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) anzuordnen ist und alle Umfänge unterer Sektionen einer Mehrzahl von Zylinderbohrungen (25b) als Ganzes umgibt;

ein Paar von Flanschen (82, 83) die nach außen von beiden oberen und unteren Enden des Abstandshalterhauptkörpers (81) jeweils vorstehen; und eine Vertikalwand (88), die sich im Wesentlichen nach oben von einem Außenumfangsende desjenigen von dem Paar von Flanschen, der höher als der andere befindlich ist, erstreckt.

9. Verfahren zum Verbessern einer Verbrennung in einer frühen Phase eines Kaltstarts eines Verbrennungsmotors, wobei der Motor einen Zylinderblock (21), der mit einem Wassermantel (23) zum Umwälzen eines Kühlmittels versehen ist, und einen Zylinderkopf (22), der mit einem Wassermantel (24) versehen ist, umfasst, wobei das Verfahren den nachfolgenden Schritt umfasst:

Unterdrücken dessen, dass ein Kühlmittel von dem Wassermantel (23) des Zylinderblockes (21) in einen Hauptmantel (24a) des Wassermantels (24) des Zylinderkopfes (22) bei einem Motorkaltstart fließt, indem das Auftreten einer Konvektion des Kühlmittels innerhalb des Wassermantels (23) des Zylinderblockes (21) unterdrückt wird.

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

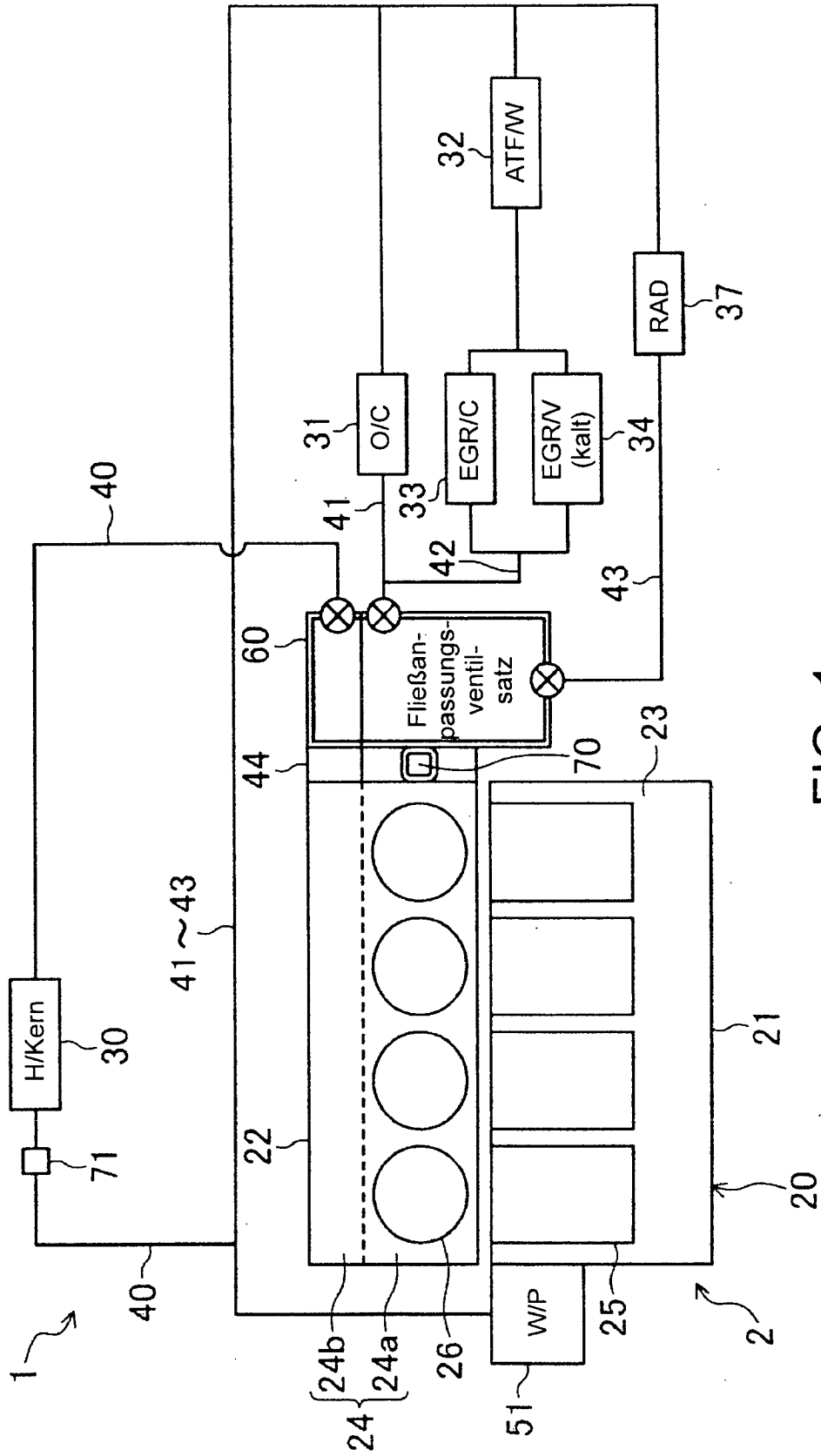


FIG. 1

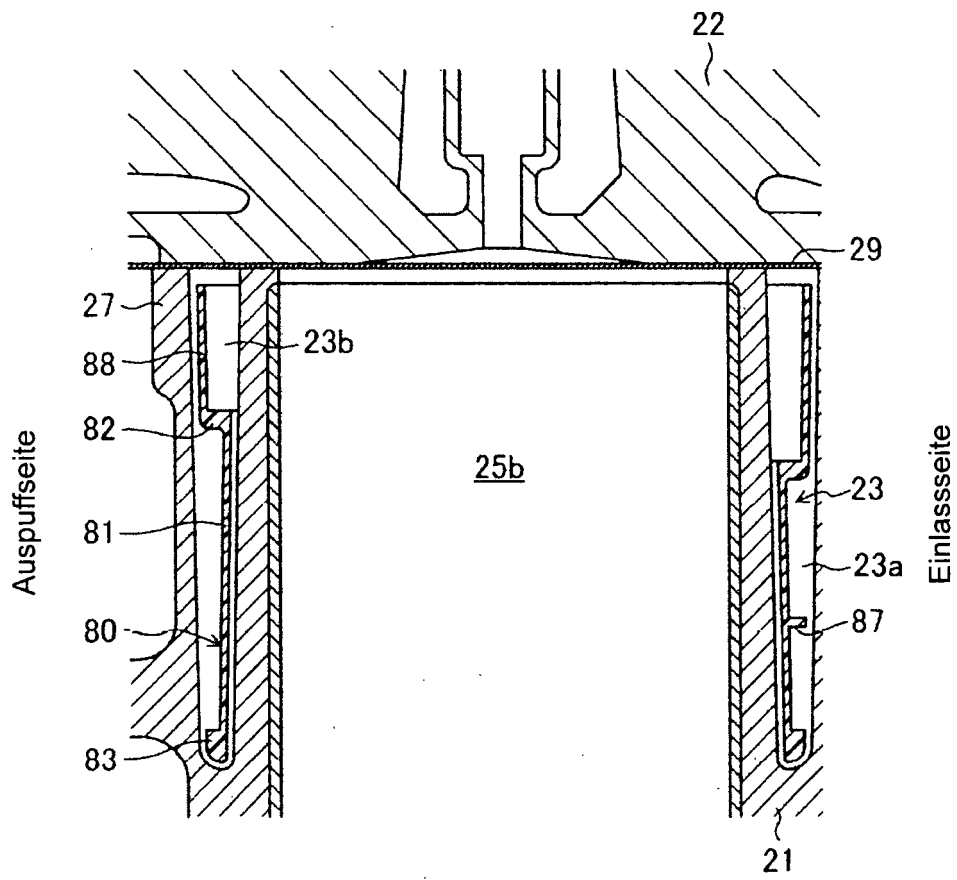


FIG. 3

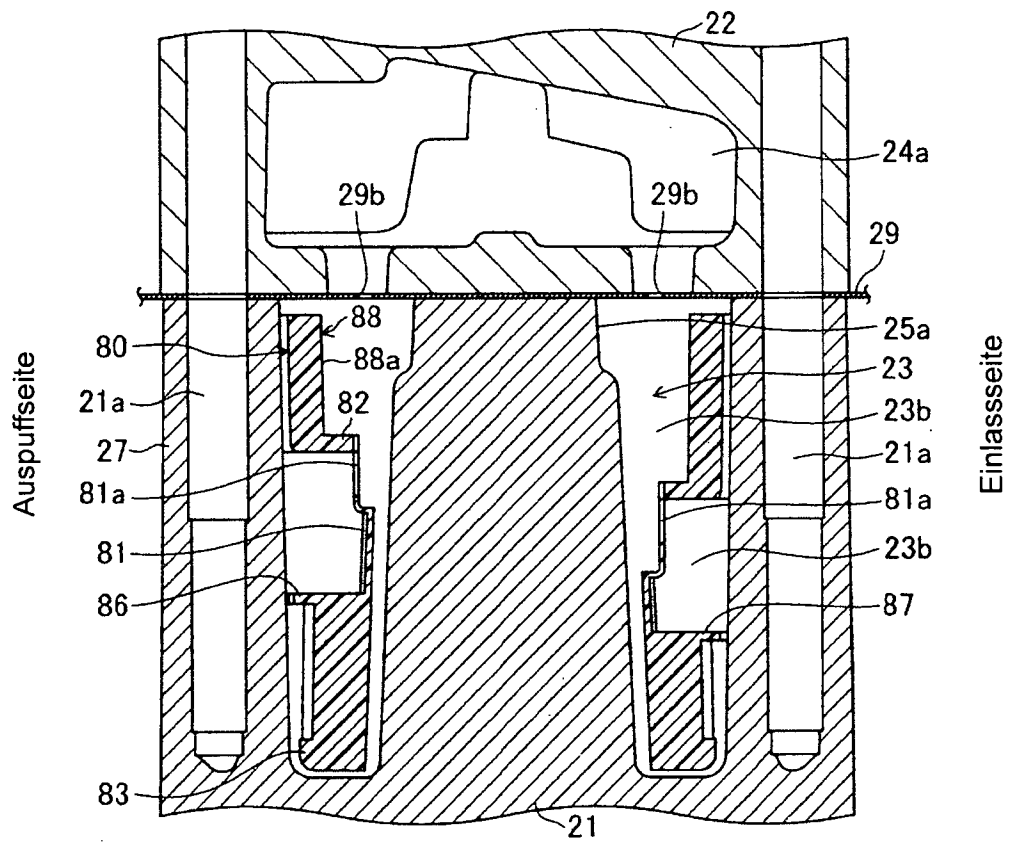


FIG. 4

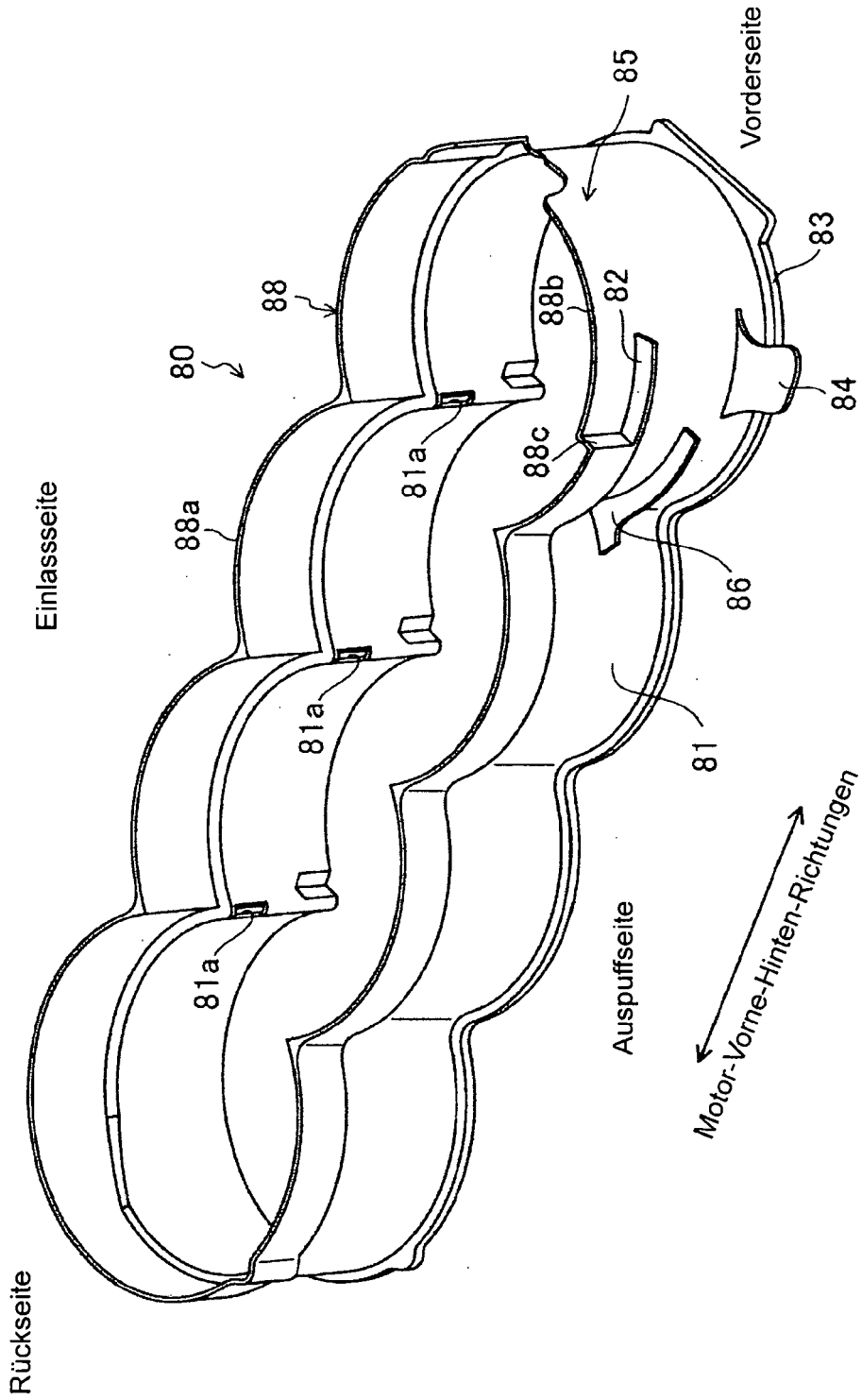


FIG. 5

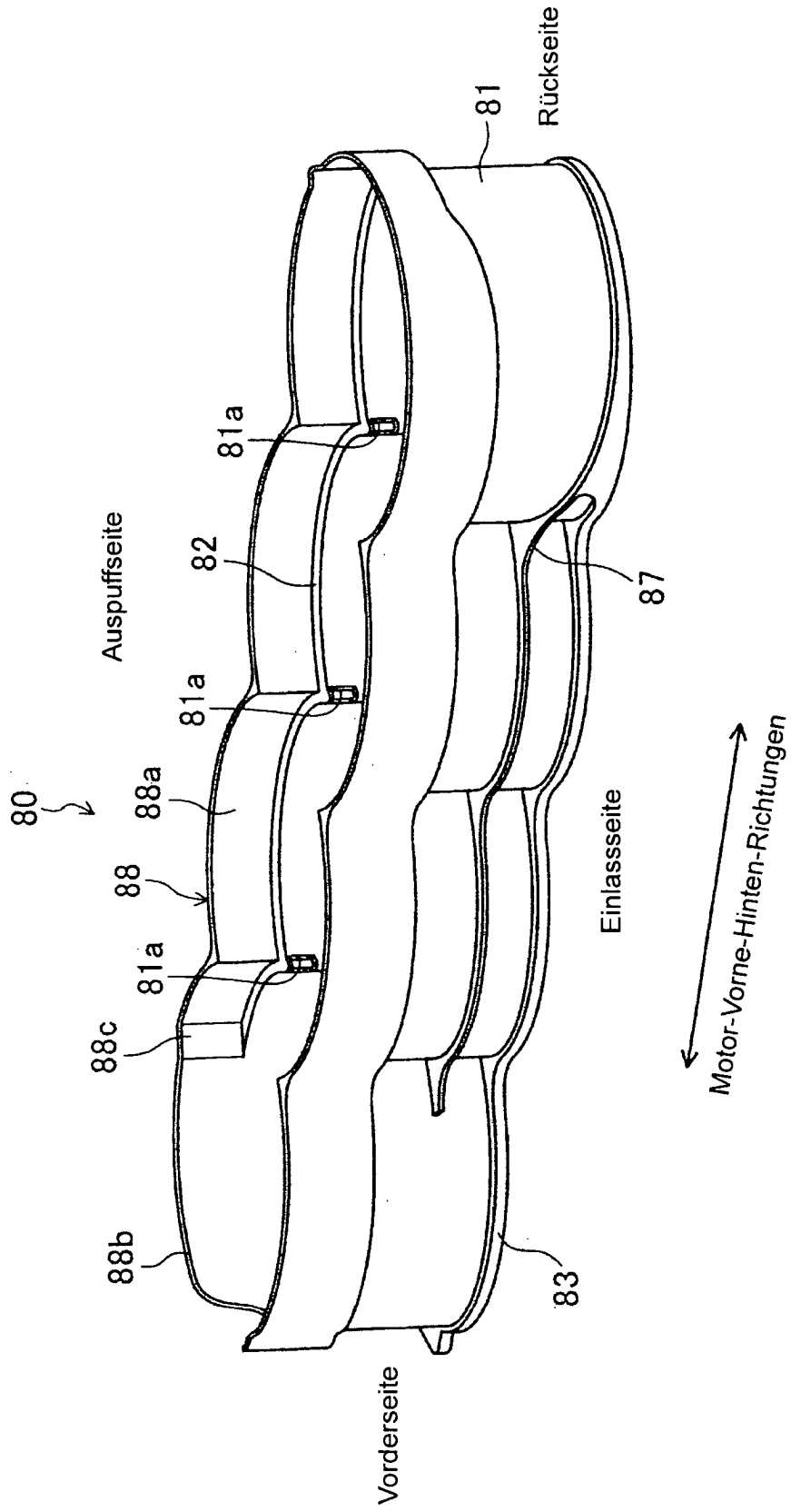


FIG. 6

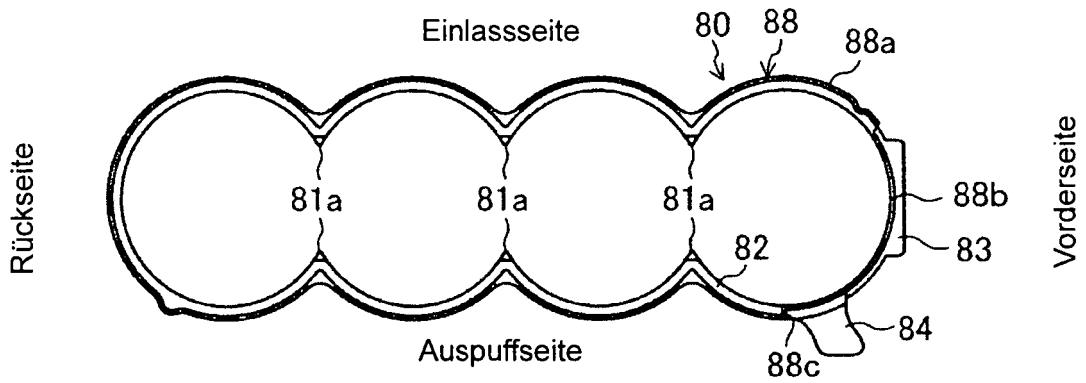


FIG. 7A

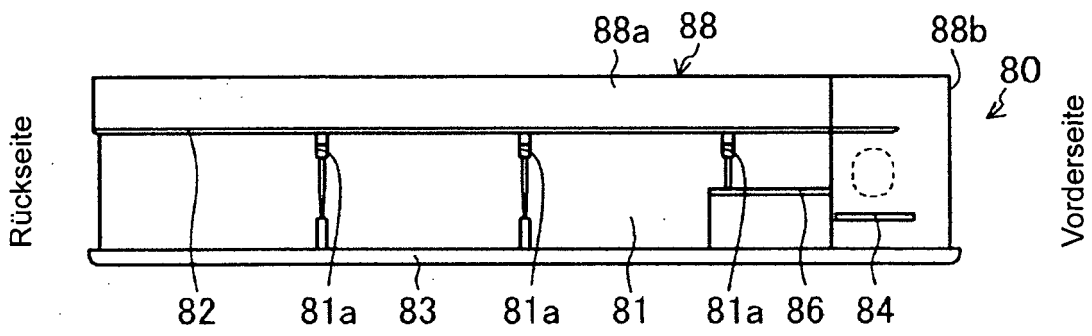


FIG. 7B

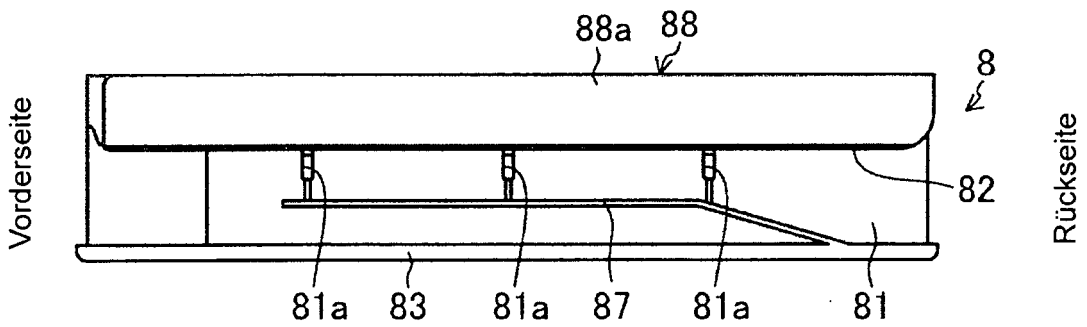


FIG. 7C

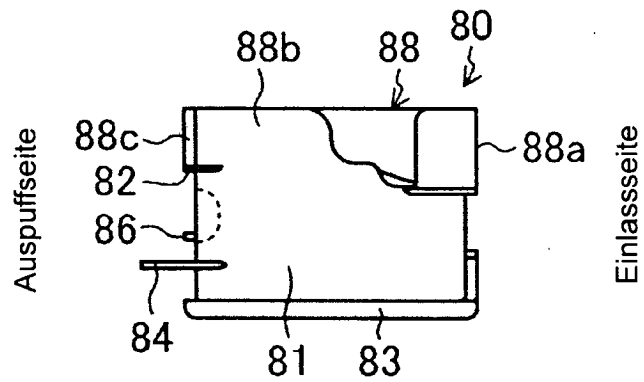


FIG. 7D

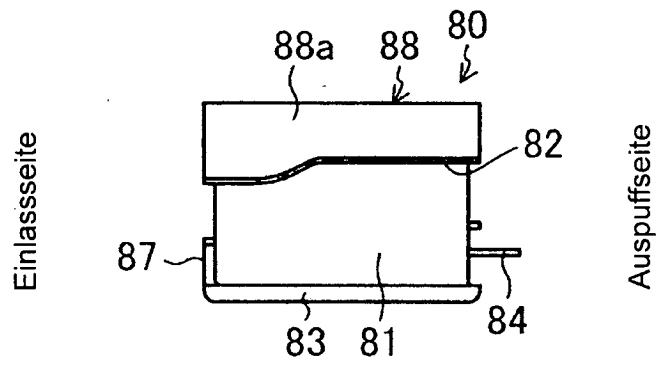


FIG. 7E

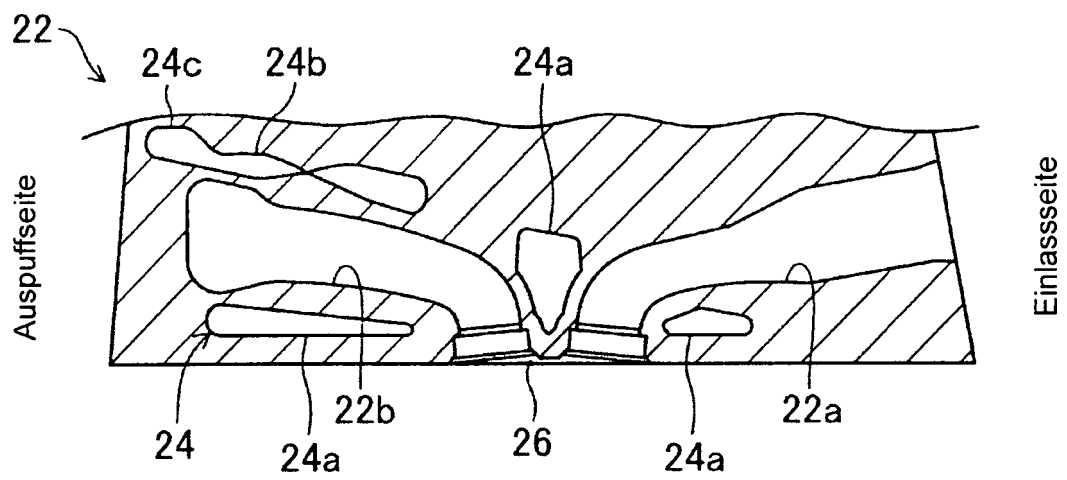


FIG. 8

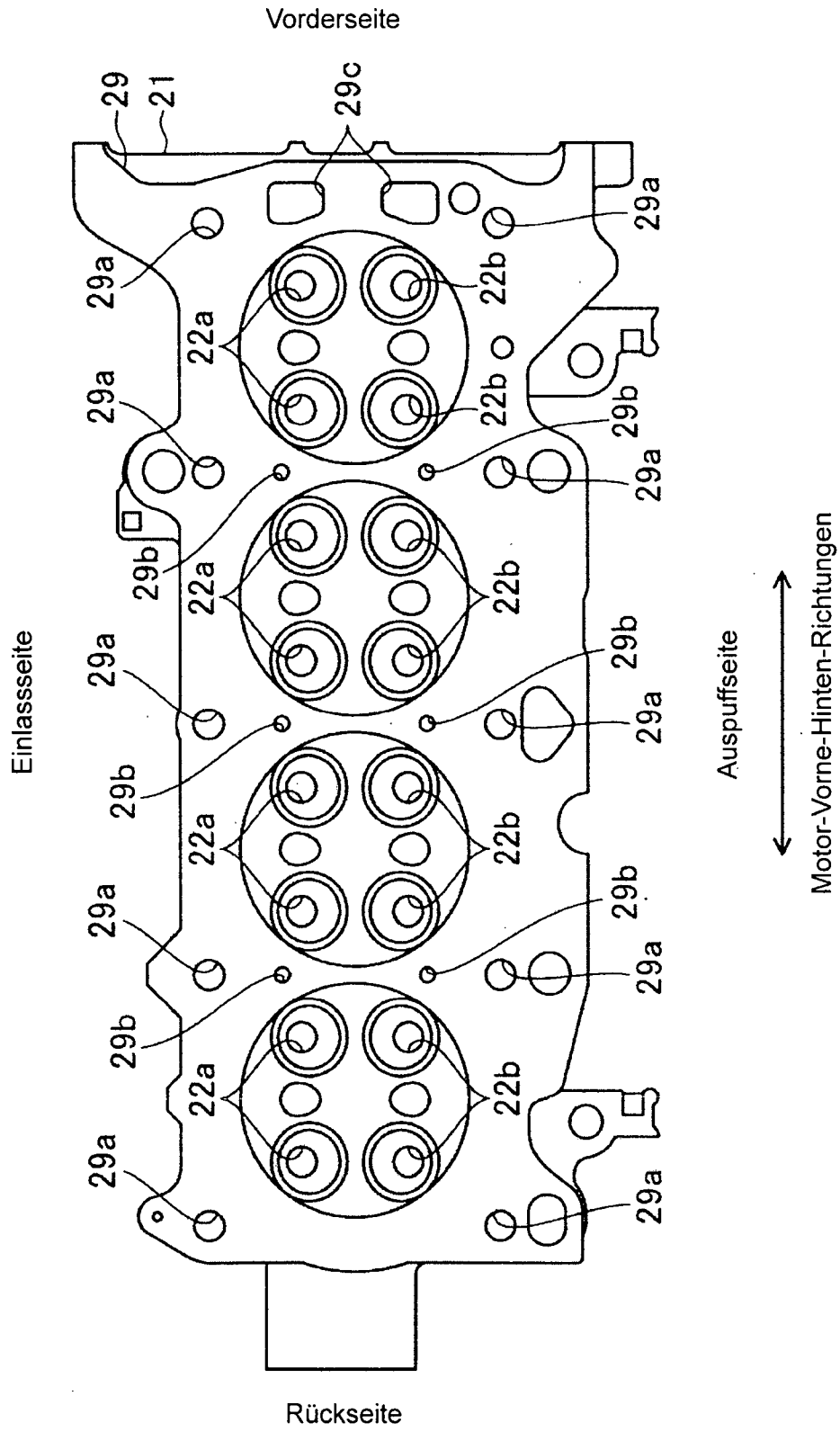


FIG. 9

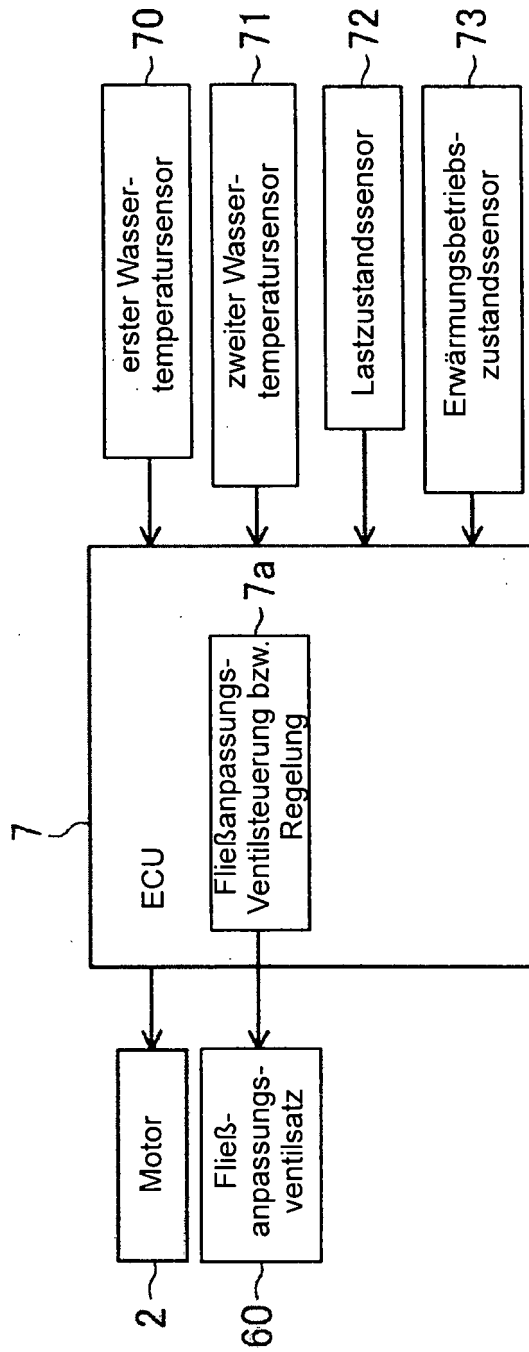


FIG. 10

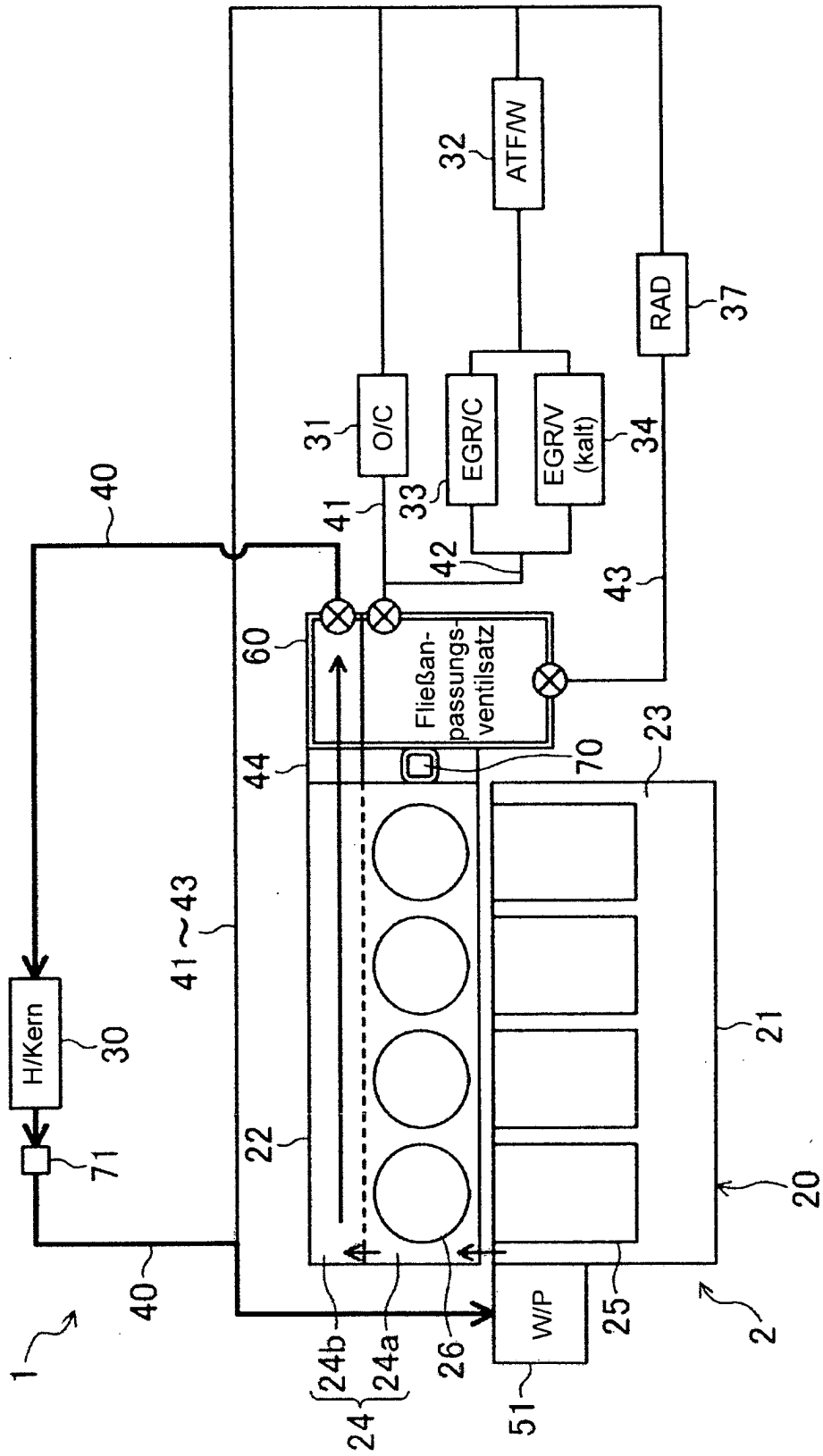


FIG. 11

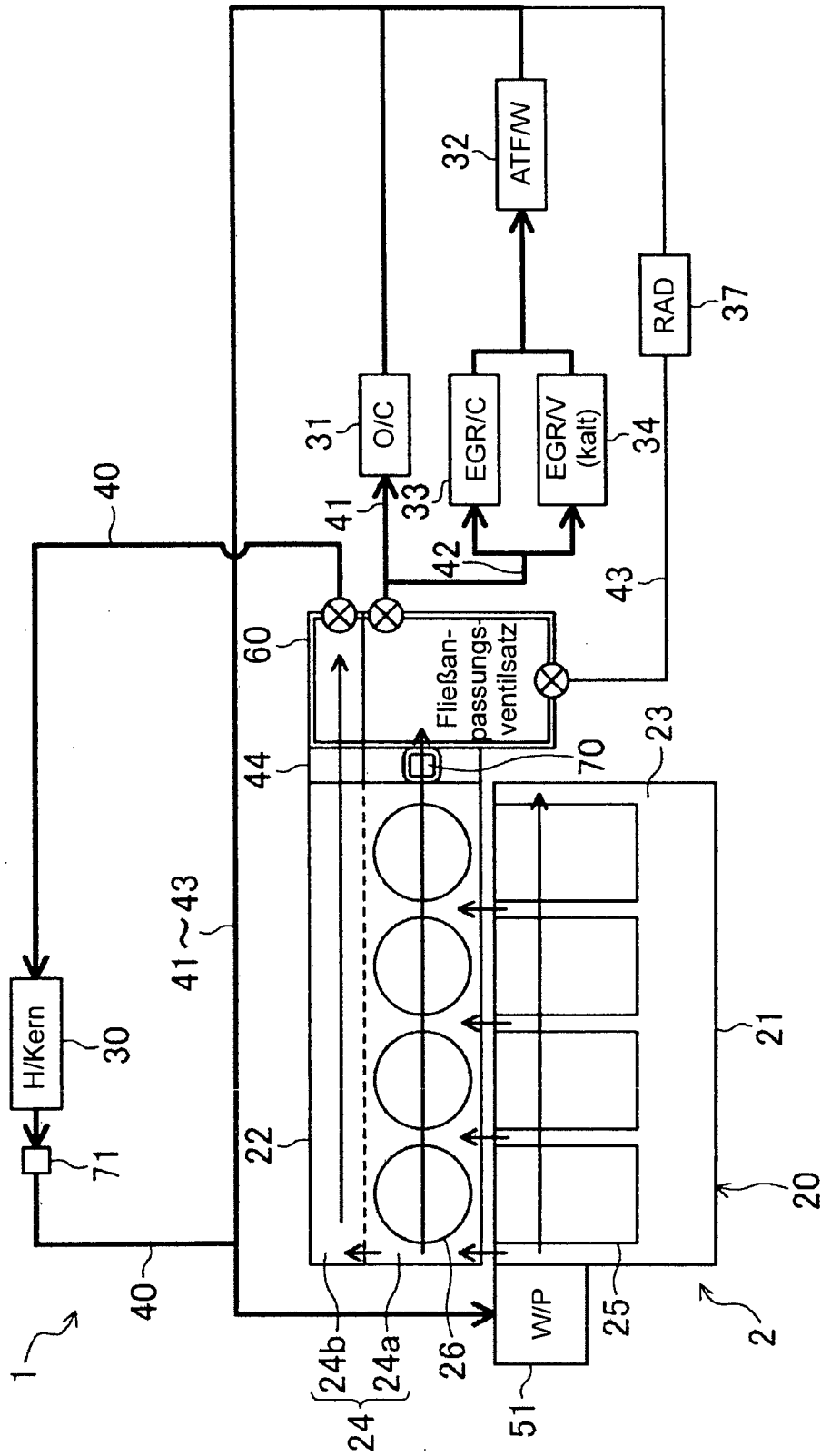


FIG. 12

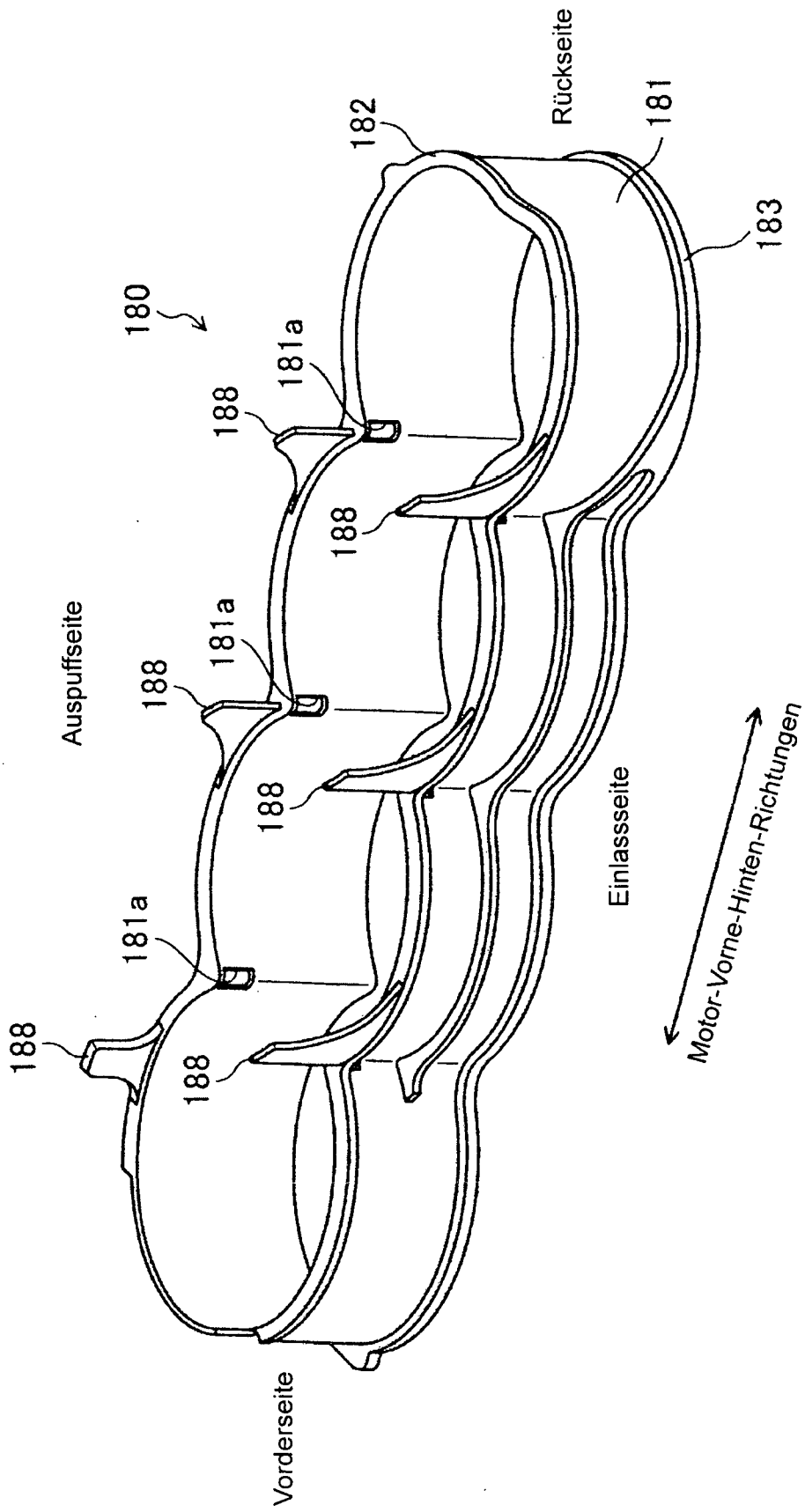


FIG. 14