(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 947 308 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.09.2009 Patentblatt 2009/40

(51) Int Cl.:
F01P 3/04 *(2006.01)* ***F01P 7/16*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **07100654.8**

(22) Anmeldetag: **17.01.2007**

(54) **Integriertes Motorkühlsystem**

Integrated motor cooling system

Système de refroidissement de moteur intégré

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.07.2008 Patentblatt 2008/30

(73) Patentinhaber: **Ford Global Technologies, LLC**
Dearborn, MI 48126 (US)

(72) Erfinder:
- **Fritsche, Richard**
  42929 Wermelskirchen (DE)
- **Kuhlbach, Kai**
  51427 Bergisch Gladbach (DE)
- **Lenz, Ingo**
  50858, Koeln (DE)
- **Lutz, Martin**
  50678, Köln (DE)
- **Mehring, Jan**
  50668 Köln (DE)
- **Weber, Carsten**
  51375 Leverkusen (DE)

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten**
Henry-Ford Str. 1
50725 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 375 857
FR-A1- 2 855 555
FR-A1- 2 860 833
JP-A- 8 218 873

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).

EP 1 947 308 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kühlverfahren für einen Verbrennungsmotor, der zumindest einen Zylinderkopf und einen zugeordneten Zylinderblock aufweist, wobei ein Kühlmittel in einem Kühlmittelkreislauf strömt, und wobei dem Kühlmittelkreislauf zumindest ein Steuerelement zugeordnet ist.

[0002] Die EP 1 375 857 A offenbart eine Kühlvorrichtung für einen Verbrennungsmotor. Die Kühlvorrichtung weist mehrere Kühlzellen in einem Zylinderkopf auf, die voneinander getrennt sind und von einer Kühlflüssigkeit durchflossen werden können. Die Kühlvorrichtung umfaßt weiter mindestens erste und zweite Mittel zur Regelung der Durchflußmenge, wobei die Mittel an mindestens eine erste Kühlzelle des Zylinderkopfes und an mindestens eine zweite Kühlzelle des Zylinderkopfes angeschlossen sind. Die ersten und zweiten Mittel sind in der Lage die Menge an Kühlflüssigkeit zu regeln, die jeweils durch jede erste Kühlzelle und durch jede zweite Kühlzelle fließt.

[0003] Bekannt ist, daß es zweckmäßig ist, den Motorblock und den Zylinderkopf des Verbrennungsmotors jeweils getrennt voneinander mit einem Kühlmittel eines Kühlmittelkreislaufs durchströmen zu lassen. Auf diese Weise können der Zylinderkopf, der thermisch vor allem durch die Brennraum- und Kanalwände mit der Verbrennungsluft gekoppelt ist und der Motorblock, der thermisch vor allem mit den Reibstellen gekoppelt ist, unterschiedlich gekühlt werden. Durch ein so genanntes "Split-Cooling-System" (getrennter Kühlmittelkreislauf) soll erreicht werden, daß in der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors der Zylinderkopf gekühlt wird, wobei der Motorblock zunächst noch nicht gekühlt werden soll, so daß der Motorblock schneller auf die erforderliche Betriebstemperatur geführt werden kann.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Kühlverfahren der eingangs genannten Art mit einfachen Mitteln dahingehend zu verbessern, daß Reibungsverluste minimiert werden, wobei der Verbrennungsmotor schnellstmöglich auf die erforderliche Betriebstemperatur geführt werden kann.

[0005] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Kühlverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und einen Kühlmittelkreislauf mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst, wobei der Kühlmittelstrom während einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors in aufeinanderfolgenden Phasen mittels mindestens einem Steuerelement zu separaten Kühlbereichen gesteuert wird, und daß der Kühlmittelstrom in einem sich daran anschließenden Betrieb unter Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors mittels der Steuerelemente unter Berücksichtigung von Betriebszuständen des Verbrennungsmotors zu separaten Kühlbereichen gesteuert wird.

[0006] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß Kühlwassermäntel die Hauptfunktion aufweisen, die aufgrund der Verbrennung entstehende Hitze abzuführen, wobei die Kühlwassermäntel derart ausgestaltet sein sollten, daß die Temperaturverteilung homogen wird. Überwiegend wird daher für den Volllastbetrieb bei welchem eine maximale Temperatur entsteht, vorgesehen, daß der Kühlwassermantel auf diesen Betriebszustand ausgelegt ist. Mittels der Erfindung jedoch, welche ein integriertes Motorkühlmanagement bzw. ein Kühlverfahren zur Verfügung stellt, können sowohl die Vorteile einer guten Ölaufwärmung, Abgasaufwärmung, Motoraufwärmung und Fahrgastraumaufwärmung schon in der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors, als auch eine gute Kühlung des betriebswarmen Motors erreicht werden.

[0007] Vorteilhafterweise ist daher vorgesehen, daß in einer ersten Phase der Warmlaufphase, das Kühlmittel einen Strömungsbetrag von Null aufweist, wobei das entsprechende, erste Steuerelement geschlossen ist. Das Steuerelement kann beispielsweise als mechanisches oder elektromechanisches Ventil oder elektrisch beheiztes Thermostat ausgeführt sein, welches über die Abgastemperatur gesteuert wird. Direkt nach dem Anlassen des Verbrennungsmotors weist die Abgastemperatur noch nicht den bevorzugten Temperaturbetrag auf, so daß das Ventil zunächst, bevorzugt für einige Sekunden, geschlossen ist, so daß eine Kühlmittelströmung zunächst unterbrochen wird. In dieser ersten Phase der Warmlaufphase führt dies zu einer wesentlich verbesserten Katalysatoraufwärmung und auch zu einer schnelleren Struktur- und damit Ölaufwärmung. Die bevorzugte Temperatur zum Geschlossenhalten dieses Ventils kann an die Betriebstemperatur des Katalysators gekoppelt sein, und beispielsweise einen Betrag von weniger als 500°C (Katalysator-Funktionsstart-Temperatur) der Abgastemperatur aufweisen.

[0008] Sobald die Abgastemperatur die Betriebstemperatur des Katalysators erreicht, öffnet das Ventil, so daß günstigerweise vorgesehen ist, daß in einer zweiten Phase der Warmlaufphase Auslaßkanäle und Abgaskrümmer gekühlt werden, so daß der Kühlmittelstrom durch eine Abgasseite des Zylinderkopfes zu einem Heizungswärmetauscher (Heizung) strömen kann. Hierdurch werden die thermisch hoch belasteten Bereiche des Verbrennungsmotors bzw. seines Zylinderkopfes, insbesondere die Abgasseite also die Auslaßkanäle und der Abgaskrümmer gekühlt, wobei das Kühlmittel die dort entstandene Wärme aufnimmt und in den Wärmetauscher überführt, so daß beispielsweise der Fahrgastraum durch die geringeren thermischen Massen über die Heizung schneller aufwärmbar ist.

[0009] Zweckmäßig im Sinne der Erfindung ist weiterhin vorgesehen, daß in einer dritten Phase der Warmlaufphase Auslaßkanäle und Abgaskrümmer und der Zylinderblock gekühlt wird, wobei das Abgassteuerelement bzw. das Ventil und ein drittes Steuerelement, bzw. ein Blockthermostat geöffnet sind, so daß das Kühlmittel durch die Abgasseite des Zylinderkopfes und den Zylinderblock zu der Heizung strömt. Zweckmäßigerweise ist in einer vierten Phase der Warmlaufphase vorgesehen,

daß der gesamte Verbrennungsmotor gekühlt wird, wobei das Abgassteuerelement bzw. das Ventil, ein zweites Steuerelement, bzw. ein Thermostat und das dritte Steuerelement bzw. des Blockthermostat geöffnet sind, so daß das Kühlmittel durch eine Abgasseite des Zylinderkopfes, und durch dessen Einlaßseite sowie durch den Zylinderblock zu der Heizung strömt.

[0010] Bei betriebswarmen Motor (Phase 5) ist vorgesehen, daß zusätzlich zu der in Phase 4 beschriebenen Kühlmittelströmung durch die Heizung, daß Kühlmittel durch einen Radiator und einen Ausgleichsbehälter fließt. Hierzu kann beispielsweise ein konventionelles Thermostat oder ein Kennfeld gesteuertes Ventil (Kennfeldthermostat) als viertes Steuerelement vorgesehen werden.

[0011] Die beispielhaft genannten vier Steuerelemente sind bevorzugt hintereinander angeordnet, wobei die jeweils aufeinander folgenden Steuerelemente miteinander über Verbindungsleitungen verbunden sind.

[0012] Nachdem der Verbrennungsmotor seine Betriebstemperatur erreicht hat, ist es vorteilhafterweise vorgesehen, daß je nach Betriebszustand des Verbrennungsmotors unterschiedliche Kühlstrategien zur Anwendung kommen können. Günstigerweise ist in einem Teillastbetrieb des Verbrennungsmotors vorgesehen, daß seine Auslaßseite des Zylinderkopfes und der Zylinderblock gekühlt werden, wobei das Kühlmittel durch die Abgasseite des Zylinderkopfes und durch den Zylinderblock zum Heizungswärmetauscher strömt. In einem Volllastbetrieb des Verbrennungsmotors ist es vorteilhafterweise vorgesehen, daß der gesamte Verbrennungsmotor gekühlt wird, wobei das Kühlmittel durch die Abgasseite des Zylinderkopfes und durch dessen Einlaßseite sowie durch den Zylinderblock zum Heizungswärmetauscher, zum Radiator sowie zu einem Ausgleichsbehälter strömt.

[0013] Wie bereits oben gesagt, wird in der ersten Phase der Warmlaufphase das Abgassteuerelement bevorzugt von der Abgastemperatur gesteuert. Hierbei öffnet das Ventil vorzugsweise, wenn eine Betriebstemperatur des Katalysators erreicht ist, was schon nach wenigen Sekunden nach dem Anlassen des Verbrennungsmotors der Fall sein kann. Ab der zweiten Phase der Warmlaufphase werden die entsprechenden Steuerelemente über die Kühlmitteltemperatur gesteuert, weswegen die entsprechenden Steuerelemente als Thermostat, bevorzugt als einfach wirkendes Thermostat ausgeführt sind. Zur Betätigung des jeweiligen Steuerelementes bzw. Thermostates beträgt die Kühlmitteltemperatur in der zweiten Phase bevorzugt weniger als 50°C, wobei die Kühlmitteltemperatur in der dritten Phase einen Betrag zwischen 50 bis 80°C aufweisen kann und wobei in der vierten Phase eine Kühlmitteltemperatur zwischen 80 bis 110°C vorliegen kann. In der sich an die vierte Phase der Warmlaufphase anschließenden, fünften Phase, hat der Motor seine Betriebstemperatur erreicht. Die Kühlmitteltemperatur wird abhängig vom Motorbetriebspunkt zwischen 80°C (Volllast) und 110°C (Teillast) geregelt. Selbstverständlich sind die beispielhaft genannten Temperaturen bzw. Temperaturbereiche nicht als auf diese beschränkt anzusehen, sondern können auch andere Beträge aufweisen.

[0014] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es zweckmäßig, wenn jeweils ein Steuerelement einer Abgasseite des Zylinderkopfes, einer Einlaßseite des Zylinderkopfes und dem Zylinderblock zugeordnet ist, wobei ein weiteres Steuerelement bzw. Thermostat Kennfeld gesteuert sein kann (Kennfeldthermostat), wobei die Steuerelemente separat ansteuerbar sind, so daß in einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors und in einem sich daran anschließenden Betrieb unter Betriebstemperatur separat auswählbare Kühlbereiche mit dem Kühlmittel durchströmbar sind.

[0015] Günstig im Sinne der Erfindung ist, wenn der Kühlmittelkreislauf einen Zylinderblockwassermantel und einen Zylinderkopfwassermantel aufweist, der in einen einlaßseitigen Wassermantel und einen abgasseitigen Wassermantel aufgeteilt ist, ein hier so genanntes "Split-Cooling-System" (getrennter Kühlmittelkreislauf, Zylinderkopf), wobei dem Kühlmittelkreislauf ein Kühlmittelverteiler zugeordnet sein kann.

[0016] Insgesamt wird somit ein integriertes und flexibles Wärmemanagementsystem für einen Verbrennungsmotor zur Verfügung gestellt, bei dem ein Wärmestrom von einer Wärmequelle zu einer Wärmesenke innerhalb des Motors und des Kraftfahrzeuges oder irgendeiner anderen Anwendung abhängig von den Betriebszuständen des Verbrennungsmotors und der jeweiligen Anforderung des Fahrzeugsinsassen fließt. Dies beinhaltet unter anderem die Funktion eines Kühlsystems und zusätzlich spezieller Kühlbereiche, in denen z. B. ein Wärmefluß vermieden werden soll, solange der Verbrennungsmotor kalt ist. Dies entspricht beispielsweise der ersten Phase der Aufwärmphase des Verbrennungsmotors, in dem kein Kühlmittel strömt. Gleichzeitig wird vorteilhaft erreicht, daß ein Wärmefluß direkt in den Fahrgastraum so bald und effektiv wie möglich erreicht wird. Die Kühlbereiche können natürlich selbst aufgeteilt sein, wobei hier insbesondere an das "Split-Cooling-System" (getrennter Kühlmittelkreislauf, Zylinderkopf) gedacht ist.

[0017] Vorteilhafterweise wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der besonderen Ausgestaltung des Verbrennungsmotors eine schnellere Aufwärmung des Verbrennungsmotors erreicht, wodurch gleichzeitig schädliche Emissionen an die Umgebung reduziert werden. Zusätzlich werden Reibungsverluste minimiert und der Kraftstoffverbrauch damit verbessert. Dadurch, daß die Heizung des Fahrgastraumes sehr schnell mit der erforderlichen Kühlmitteltemperatur versorgt werden kann, kann der Fahrgastraum auch im Falle niedriger Außentemperaturen sehr schnell aufgewärmt bzw. die zugeordneten Kraftfahrzeugscheiben, insbesondere die Windschutzscheibe enteist werden.

[0018] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und der folgenden

Figurenbeschreibung offenbart. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipskizze eines Wärmemanagementsystems eines Verbrennungsmotors, Phase 1.

Fig. 2 die Prinzipskizze aus Figur 1 zur Darstellung einer zweiten Phase einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors.

Fig. 3 die Prinzipskizze aus Figur 1 zur Darstellung einer dritten Phase einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors,

Fig. 4 die Prinzipskizze aus Figur 1 zur Darstellung einer vierten Phase einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors,

Fig. 5 die Prinzipskizze aus Figur 1 zur Darstellung der Kühlstrategie bei unterschiedlichen Lastzuständen eines aufgewärmten Verbrennungsmotors, und

Fig. 6 eine Tabelle zur Darstellung der einzelnen Phasen.

[0019] In den unterschiedlichen Figuren sind gleiche Teile stets mit denselben Bezugszeichen versehen, so daß diese in der Regel auch nur einmal beschrieben werden.

[0020] Figur 1 zeigt eine Kühlstrategie für einen Verbrennungsmotor 1, der zumindest einen Zylinderkopf 2 und einen zugeordneten Zylinderblock 3 aufweist. Ein Kühlmittel strömt in einen Kühlmittelkreislauf 4, wobei dem Kühlmittelkreislauf 4 zumindest ein Steuerelement, in dem dargestellten Ausführungsbeispiel vier Steuerelemente 6, 7, 8 und 9 zugeordnet sind.

[0021] Dem Verbrennungsmotor 1 ist ein Kühlmittelverteiler 11 zugeordnet, durch welchen das Kühlmittel in einen Zylinderblockwassermantel 12 (Figur 3) und in einen Zylinderkopfwassermantel 13 (Figur 4) strömen kann, der in eine Abgasseite 14 und in eine Einlaßseite 16 (Figur 4) aufgeteilt ist (Split-Cooling-System; getrennter Kühlmittelkreislauf).

[0022] Der Kühlmittelkreislauf 4 weist ferner eine Heizung 17 (Heizungswärmetauscher), einen Ausgleichsbehälter 18, einen Radiator 19 und eine Pumpe 21 auf.

[0023] Der Abgasseite 14 des Zylinderkopfwassermantels 13 ist ein erstes Steuerelement 6 zugeordnet, welches als elektrisch betreibbares Ventil ausgeführt ist. Der Einlaßseite 16 des Zylinderkopfwassermantels 13 ist ein zweites Steuerelement 7 zugeordnet, welches als Thermostat ausgeführt ist. Dem Zylinderblockwassermantel 12 ist ein drittes Steuerelement zugeordnet, welches als Thermostat (Blockthermostat) ausgeführt ist. Weiter ist im Verbrennungsmotor 1 ein Kennfeldthermostat 9 als viertes Steuerelement zugeordnet.

[0024] In Figur 1 ist eine erste Phase einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors 1 dargestellt. In dieser ersten Phase befindet sich der Verbrennungsmotor in einem Zustand direkt nach seinem Anlassen. Alle Steuerelemente 6 bis 9, insbesondere das Ventil 6 sind geschlossen, so daß kein Kühlmittel in dem Kühlmittelkreislauf 4 zirkuliert. Das Ventil 6 wird durch eine Abgastemperatur gesteuert, wobei durch die Unterbrechung der Kühlmittelzirkulation eine verbesserte und schnellere Aufwärmung eines nicht dargestellten Katalysators und der Ölaufwärmung erreicht wird. Die Unterbrechung der Kühlmittelströmung in dem Kühlmittelkreislauf 4 ist durch die gestrichelt dargestellten Verbindungsleitungen dargestellt, wobei die Kühlmittelströmung einen Betrag von Null aufweist.

[0025] In der ersten Phase der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors 1 wird eine verbesserte Aufwärmung der Struktur des Verbrennungsmotors 1, insbesondere eine verbesserte Ölaufwärmung erreicht. Auf eine Aufwärmgeschwindigkeit des Fahrgastraumes hat diese erste Phase keinen Einfluß. Gleichzeitig werden geringe thermische Verluste sowohl im Brennraum des Verbrennungsmotors als auch abgasseitig erreicht.

[0026] Erreicht die Abgastemperatur beispielsweise die Arbeitstemperatur des Katalysators öffnet das Ventil 6 (Figur 2), so daß das Kühlmittel durch die Abgasseite 14 des Zylinderkopfwassermantels 13 zu der Heizung 17 strömt. In der in Figur 2 dargestellten zweiten Phase der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors 1 werden Auslaßkanäle und Abgaskrümmer gekühlt. Wie in Figur 2 dargestellt, ist das Ventil 6 mit dem Thermostat 7 über eine Verbindungsleitung 22 verbunden, wobei das Thermostat 7 über eine Verbindungsleitung 23 mit dem Blockthermostat 8 verbunden ist, das über eine Verbindungsleitung 24 mit dem Kennfeldthermostat 9 verbunden ist. Das Kennfeldthermostat 9 ist über eine Verbindungsleitung 26 mit der Heizung 17 verbunden, die wiederum mit einer Verbindungsleitung 27 mit der Pumpe 21 verbunden ist, welche das Kühlmittel über eine Verbindungsleitung 28 zum Kühlmittelverteiler 11 transportiert. Die Abgasseite 14 des Zylinderkopfwassermantels 13 ist über eine Verbindungsleitung 29 mit dem Ventil 6 verbunden.

[0027] In der zweiten Phase der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors 1 werden die Auslaßkanäle und Abgaskrümmer gekühlt, so daß der Heizung 17 die notwendige Energie zur Verfügung gestellt wird. Hierbei wird ein Wärmetransport in das Kühlmittel erreicht, dort wo der größte Teil der Wärme generiert wird. Gleichzeitig werden geringe thermische Verluste im Brennraum des Verbrennungsmotors erreicht.

[0028] In Figur 3 ist eine dritte Phase der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors 1 dargestellt, wobei das Ventil 6 und das Blockthermostat 8 geöffnet sind. Hierdurch kann das Kühlmittel durch die Abgasseite 14 des Zylinderkopfes 13 und durch den Zylinderblock 3 bzw. durch den Zylinderkopfwassermantel 13 zu der Heizung 17 strömen. Der Zylinderblockwassermantel 12 ist über eine Verbindungsleitung 31 direkt mit dem Blockthermostat 8 verbunden.

[0029] Durch diese vorteilhafte Ausgestaltung sind die

Auslaßkanäle und Abgaskrümmer und der Zylinderblock 3 kühlbar. In der dritten Phase der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors 1 werden die thermisch kritischen Bereiche gekühlt, wobei der Wärmetransport in das Kühlmittel dort erreicht wird wo Wärme generiert wird. Die zwei Kühlbereiche (Abgasseite 14, Zylinderblockwassermantel 12) sind parallel geschaltet.

[0030] In Figur 4 ist eine vierte Phase der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors 1 dargestellt, bei welcher der gesamte Verbrennungsmotor durchströmt und gekühlt wird. Das Ventil 6, das Thermostat 7 und das Blockthermostat 8 sind geöffnet, so daß das Kühlmittel durch die Abgasseite 14 des Zylinderkopfwassermantels 13 und durch dessen Einlaßseite 16 sowie durch den Zylinderblock bzw. durch den Zylinderblockwassermantel 12 zu der Heizung 17 (durch das geschlossene Kennfeldthermostat 9) strömt. Die Einlaßseite 16 des Zylinderkopfwassermantels 13 ist über eine Verbindungsleitung 32 mit dem Thermostat 7 verbunden.

[0031] In der vierten Phase der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors 1 wird eine Homogenisierung der Motortemperaturverteilung erreicht, wobei geringe thermische Verluste im Brennraum vorliegen. Gleichzeitig wird ein höherer Wärmeübergang in das Öl aufgrund des höheren Temperaturniveaus erreicht. Die drei Kühlbereiche (Abgasseite 14, Einlaßseite 16, Zylinderblockwassermantel 12) sind parallel geschaltet.

[0032] In einer fünften Phase (betriebswarmer Motor) ist vorgesehen, daß das Kühlmittel durch das Kennfeldthermostat 9 über eine Verbindungsleitung zum Radiator 19 strömt, welcher mit der Verbindungsleitung 27 von der Heizung 17 zur Pumpe 21 verbunden ist. Zudem ist vorgesehen, daß das Kühlmittel durch den Ausgleichsbehälter 18 strömt, welcher mit dem Kennfeldthermostat 9 über eine Verbindungsleitung verbunden sein kann, wobei der Ausgleichsbehälter 18 über eine weitere Verbindungsleitung mit der Verbindungsleitung 27 von der Heizung 17 zur Pumpe 21 verbunden sein kann.

[0033] In Figur 5 ist die Kühlstrategie für den betriebswarmen Verbrennungsmotor 1 unter Volllast dargestellt. Hierbei wird der gesamte Verbrennungsmotor 1 gekühlt, wobei das Kühlmittel durch die Abgasseite 14 des Zylinderkopfwassermantels 13 und durch dessen Einlaßseite 16 sowie durch den Zylinderblock bzw. den Zylinderblockwassermantel 12 zu der Heizung 17, zu dem Radiator 19 sowie zu einem Ausgleichsbehälter 18 strömt. Hierbei ist das Kennfeldthermostat 9 über eine Verbindungsleitung 33 mit dem Radiator 19 verbunden, der seinerseits über eine Verbindungsleitung 34 in die Verbindungsleitung 27 von der Heizung 17 zur Pumpe 11 mündet. Von der Verbindungsleitung 33 zweigt eine Verbindungsleitung 36 zum Ausgleichsbehälter 18 ab, der seinerseits über eine Verbindungsleitung 37 mit der Verbindungsleitung 27 von der Heizung 17 zur Pumpe 21 verbunden ist.

[0034] Möglich ist, daß das Ventil 6 entfallen kann, wenn die Pumpe 21 bzw. die Kühlmittelpumpe im Kühlmittelkreislauf 4 durch eine regelbare Kühlmittelpumpe mit Null-Förderungsoption ersetzt wird.

[0035] Nicht dargestellt ist eine Kühlstrategie für einen Teillastbetrieb des Verbrennungsmotors unter Betriebstemperatur, bei dem die Abgasseite 14 des Zylinderkopfwassermantels 13 und der Zylinderblock 3 bzw. der Zylinderkopfwassermantel 13 gekühlt wird, wobei das Kühlmittel durch die Abgasseite 14 des Zylinderkopfwassermantels 13 und durch den Zylinderblock 3 bzw. durch den Zylinderblockwassermantel 12 zu der Heizung 17 strömt.

Patentansprüche

1. Kühlverfahren für einen Verbrennungsmotor, der zumindest einen Zylinderkopf (2) und einen zugeordneten Zylinderblock (3) aufweist, wobei ein Kühlmittel in einem Kühlmittelkreislauf (4) strömt, wobei den Kühlmittelkreislauf (4) zumindest ein Steuerelement (6, 7, 8, 9) zugeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Kühlmittelstrom während einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors in aufeinanderfolgenden Phasen mittels der Steuerelemente (6, 7, 8, 9) zu separaten Kühlbereichen gesteuert wird, wobei

   - eine Kühlmittelströmung in einer ersten Phase einen Betrag von Null aufweist, wobei
   - in einer zweiten Phase Auslaßkanäle und Abgaskrümmer gekühlt werden, wobei
   - in einer dritten Phase zusätzlich der Zylinderblock gekühlt wird, und wobei
   - in einer vierten Phase der gesamte Verbrennungsmotor gekühlt wird,

   und daß der Kühlmittelstrom in einem sich an die Warmlaufphase anschließenden Betrieb unter Betriebstemperatur mittels der Steuerelemente (6, 7, 8, 9) unter Berücksichtigung von Betriebszuständen des Verbrennungsmotors zu separaten Kühlbereichen gesteuert wird.

2. Kühlverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
in der ersten Phase der Warmlaufphase das Kühlmittel einen Strömungsbetrag von Null aufweist, wobei zumindest ein erstes Steuerelement (6) geschlossen ist.

3. Kühlverfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß
in der zweiten Phase der Warmlaufphase in der die Auslaßkanäle und Abgaskrümmer gekühlt werden, ein erstes Steuerelement (6) geöffnet ist, so daß der Kühlmittelstrom durch eine Abgasseite (14) des Zylinderkopfes (2) bzw. des Zylinderkopfwassermantels (13) zu einer Heizung (17) strömt.

4. Kühlverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
in der dritten Phase der Warmlaufphase in der die Auslaßkanäle und Abgaskrümmer und der Zylinderblock (3) gekühlt wird, ein erstes Steuerelement (6) und ein drittes Steuerelement (8) geöffnet sind, so daß das Kühlmittel durch die Abgasseite (14) des Zylinderkopfes (2) und den Zylinderblock (3) zu einer Heizung (17) strömt.

5. Kühlverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
in der vierten Phase der Warmlaufphase in welcher der gesamte Verbrennungsmotor (1) gekühlt wird, ein erstes Steuerelement (6), ein zweites Steuerelement (7) und ein drittes Steuerelement (8) geöffnet ist, so daß das Kühlmittel durch eine Abgasseite (14) des Zylinderkopfes (2) und durch dessen Einlaßseite (16) sowie durch den Zylinderblock (3) zu einer Heizung (17) strömt.

6. Kühlverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
in einem Teillastbetrieb des Verbrennungsmotors (1) unter Betriebstemperatur eine Auslaßseite (14) des Zylinderkopfes (2) und der Zylinderblock (3) gekühlt wird, wobei das Kühlmittel durch eine Abgasseite (14) des Zylinderkopfes (2) und durch den Zylinderblock (3) zu einer Heizung (17) strömt, und wobei ein erstes Steuerelement (6) und ein drittes Steuerelement (8) geöffnet sind.

7. Kühlverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, daß
in einem Volllastbetrieb des Verbrennungsmotors unter Betriebstemperatur der gesamte Verbrennungsmotor (1) gekühlt wird, wobei das Kühlmittel durch eine Abgasseite (14) des Zylinderkopfes (2) und durch dessen Einlaßseite (16) sowie durch den Zylinderblock (3) zu einer Heizung (17), einem Radiator (18) sowie einem Ausgleichsbehälter (18) strömt.

8. Getrennter Kühlmittelkreislauf eines Verbrennungsmotors, der zumindest einen Zylinderkopf (2) und einen zugeordneten Zylinderblock (3) aufweist, wobei ein Kühlmittel in dem Kühlmittelkreislauf (4) strömt, der mittels Steuerelementen (6, 7, 8, 9) getrennt ansteuerbar ist, wobei der Kühlmittelkreislauf (4) einen Zylinderblockwassermantel (12) und einen Zylinderkopfwassermantel (13) aufweist, wobei dem Kühlmittelkreislauf (4) ein Kühlmittelverteiler (11) zugeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, daß
der Kühlmittelkreislauf zur Durchführung des Kühlverfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist, wobei der Zylinderkopfwassermantel (13) in einen einlaßseitigen Wassermantel (16) und in einen abgasseitigen Wassermantel (14) aufgeteilt ist, und jeweils ein Steuerelement (6, 7 oder 8) der Abgasseite (14) des Zylinderkopfes (2), der Einlaßseite (16) des Zylinderkopfes (2) und dem Zylinderblock (3) zugeordnet werden kann wobei ein viertes Steuerelement (9) Kennfeld gesteuert ist, wobei die Steuerelemente (6, 7, 8, 9) separat ansteuerbar sind, so dass in aufeinander folgenden Phasen einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors und in einem sich daran anschließenden Betrieb unter Betriebstemperatur separat ansteuerbare Kühlbereiche mit dem Kühlmittel durchströmbar sind, wobei das erste Steuerelement (6) der Abgasseite (14) des Zylinderkopfwassermantels (13) zugeordnet ist, und wobei das zweite Steuerelement (7) der Einlaßseite (16) des Zylinderkopfwassermantels (13) zugeordnet ist, und wobei das dritte Steuerelement (8) dem Zylinderblockwassermantel (12) zugeordnet ist, und wobei das vierte Steuerelement (9) mit dem dritten Steuerelement (8) verbunden ist.

Claims

1. Cooling method for an internal combustion engine which has at least one cylinder head (2) and an associated cylinder block (3), with a coolant flowing in a coolant circuit (4), with at least one control element (6, 7, 8, 9) being assigned to the coolant circuit (4),
characterized in that,
during a warm-running phase of the internal combustion engine, in successive phases, the coolant flow is conducted to separate cooling regions by means of the control elements (6, 7, 8, 9), with

- a coolant flow having a value of zero in a first phase, with
- outlet ducts and exhaust gas manifold being cooled in a second phase, with
- the cylinder block additionally being cooled in a third phase, and with
- the entire internal combustion engine being cooled in a fourth phase,

and **in that**, in an operating mode at operating temperature which follows the warm-running phase, the coolant flow is conducted to separate cooling regions by means of the control elements (6, 7, 8, 9) taking into consideration the operating states of the internal combustion engine.

2. Cooling method according to Claim 1,
characterized in that,
in the first phase of the warm-running phase, the

coolant has a flow value of zero, with at least a first control element (6) being closed.

3. Cooling method according to Claim 1 or 2, **characterized in that,** in the second phase of the warm-running phase in which the outlet ducts and exhaust gas manifold are cooled, a first control element (6) is opened, so that the coolant flow flows through an exhaust gas side (14) of the cylinder head (2) or of the cylinder head water jacket (13) to a heater (17).

4. Cooling method according to one of the preceding claims, **characterized in that,** in the third phase of the warm-running phase in which the outlet ducts and exhaust gas manifold and the cylinder block (3) are cooled, a first control element (6) and a third control element (8) are opened, so that the coolant flows through the exhaust gas side (14) of the cylinder head (2) and the cylinder block (3) to a heater (17).

5. Cooling method according to one of the preceding claims, **characterized in that,** in the fourth phase of the warm-running phase in which the entire internal combustion engine (1) is cooled, a first control element (6), a second control element (7) and a third control element (8) are opened, so that the coolant flow flows through an exhaust gas side (14) of the cylinder head (2) and through the inlet side (16) of the latter and also through the cylinder block (3) to a heater (17).

6. Cooling method according to one of the preceding claims, **characterized in that,** in a part-load operating mode of the internal combustion engine (1) at operating temperature, an outlet side (14) of the cylinder head (2) and the cylinder block (3) are cooled, with the coolant flowing through an exhaust gas side (14) of the cylinder head (2) and through the cylinder block (3) to a heater (17), and with a first control element (6) and a third control element (8) being opened.

7. Cooling method according to one of the preceding claims, **characterized in that,** in a full-load operating mode of the internal combustion engine at operating temperature, the entire internal combustion engine (1) is cooled, with the coolant flowing through an exhaust gas side (14) of the cylinder head (2) and through the inlet side (16) of the latter and also through the cylinder block (3) to a heater (17), a radiator (19) and also a compensating tank (18).

8. Split coolant circuit of an internal combustion engine which has at least one cylinder head (2) and an associated cylinder block (3), with a coolant flowing in a coolant circuit (4) which can be actuated separately by means of control elements (6, 7, 8, 9), with the coolant circuit (4) having a cylinder block water jacket (12) and a cylinder head water jacket (13), with a coolant distributor (11) being assigned to the coolant circuit (4), **characterized in that** the coolant circuit suitable for carrying out the cooling method according to one of the preceding claims, with the cylinder block (13) being divided into an inlet-side water jacket (16) and an exhaust-gas-side water jacket (14), and with it being possible for in each case one control element (6, 7 or 8) to be assigned to the exhaust gas side (14) of the cylinder head (2), to the inlet side (16) of the cylinder head (2) and to the cylinder block (3), with a fourth control element (9) being controlled by means of a characteristic map, with the control elements (6, 7, 8, 9) being separately actuable, so that in successive phases of a warm-running phase of the internal combustion engine and in a following operating mode at operating temperature, separately actuable cooling regions can be traversed by the coolant, with the first control element (6) being assigned to the exhaust gas side (14) of the cylinder head water jacket (13), and with the second control element (7) being assigned to the inlet side (16) of the cylinder head water jacket (13), and with the third control element (8) being assigned to the cylinder block water jacket (12), and with the fourth control element (9) being connected to the third control element.

Revendications

1. Procédé de refroidissement pour un moteur à combustion interne, qui présente au moins une culasse (2) et un bloc cylindre associé (3), un réfrigérant s'écoulant dans un circuit de réfrigérant (4), au moins un élément de commande (6, 7, 8, 9) étant associé au circuit de réfrigérant (4), **caractérisé en ce que** le courant de réfrigérant est commandé, pendant une phase de fonctionnement à chaud du moteur à combustion interne, dans des phases successives au moyen des éléments de commande (6, 7, 8, 9) pour obtenir des zones de refroidissement séparées,

- un écoulement de réfrigérant présentant, dans une première phase, une valeur nulle,
- des canaux de sortie et des collecteurs de gaz d'échappement étant refroidis dans une deuxième phase,
- le bloc cylindre étant en outre refroidi dans une troisième phase, et

- dans une quatrième phase, l'ensemble du moteur à combustion interne étant refroidi,

et **en ce que** le courant de réfrigérant est commandé, dans un mode suivant la phase de fonctionnement à chaud, à la température de fonctionnement au moyen des éléments de commande (6, 7, 8, 9) en tenant compte d'états de fonctionnement du moteur à combustion interne pour obtenir des zones de refroidissement séparées.

2. Procédé de refroidissement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**
dans la première phase de la phase de fonctionnement à chaud, le réfrigérant présente une valeur d'écoulement nulle, et au moins un premier élément de commande (6) est fermé.

3. Procédé de refroidissement selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que
dans la deuxième phase de la phase de fonctionnement à chaud dans laquelle les canaux de sortie et les collecteurs de gaz d'échappement sont refroidis, un premier élément de commande (6) est ouvert, de sorte que le courant de réfrigérant s'écoule à travers un côté gaz d'échappement (14) de la culasse (2) ou de l'enveloppe d'eau de la culasse (13) jusqu'à un chauffage (17).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
dans la troisième phase de la phase de fonctionnement à chaud dans laquelle les canaux de sortie et les collecteurs de gaz d'échappement et le bloc cylindre (3) sont refroidis, un premier élément de commande (6) et un troisième élément de commande (8) sont ouverts, de sorte que le réfrigérant s'écoule à travers le côté gaz d'échappement (14) de la culasse (2) et le bloc cylindre (3) jusqu'à un chauffage (17).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
dans la quatrième phase de la phase de fonctionnement à chaud dans laquelle l'ensemble du moteur à combustion interne (1) est refroidi, un premier élément de commande (6), un deuxième élément de commande (7) et un troisième élément de commande (8) sont ouverts, de sorte que le réfrigérant s'écoule à travers un côté gaz d'échappement (14) de la culasse (2) et à travers son côté d'entrée (16) ainsi qu'à travers le bloc cylindre (3) jusqu'à un chauffage (17).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
dans un fonctionnement en charge partielle du moteur à combustion interne (1) à la température de fonctionnement, un côté de sortie (14) de la culasse (2) et le bloc cylindre (3) sont refroidis, le réfrigérant s'écoulant à travers un côté gaz d'échappement (14) de la culasse (2) et à travers le bloc cylindre (3) jusqu'à un chauffage (17), et un premier élément de commande (6) et un troisième élément de commande (8) étant ouverts.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
dans un fonctionnement à pleine charge du moteur à combustion interne, à la température de fonctionnement, l'ensemble du moteur à combustion interne (1) est refroidi, le réfrigérant s'écoulant à travers un côté gaz d'échappement (14) de la culasse (2) et à travers son côté d'entrée (16) ainsi qu'à travers le bloc cylindre (3) jusqu'à un chauffage (17), un radiateur (18) et un récipient de compensation (18).

8. Circuit de réfrigérant séparé pour un moteur à combustion interne, qui présente au moins une culasse (2) et un bloc cylindre (3) associé, dans lequel un réfrigérant s'écoule dans le circuit de réfrigérant (4), lequel peut être commandé séparément au moyen d'éléments de commande (6, 7, 8, 9), le circuit de réfrigérant (4) présentant une enveloppe d'eau du bloc cylindre (12) et une enveloppe d'eau de la culasse (13), un distributeur de réfrigérant (11) étant associé au circuit de réfrigérant (4),
caractérisé en ce que
le circuit de réfrigérant est approprié pour la mise en oeuvre du procédé de refroidissement selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'enveloppe d'eau de la culasse (13) étant divisée en une enveloppe d'eau côté entrée (16) et une enveloppe d'eau (14) côté gaz d'échappement, et à chaque fois un élément de commande (6, 7 ou 8) pouvant être associé au côté gaz d'échappement (14) de la culasse (2), au côté d'entrée (16) de la culasse (2) et au bloc cylindre (3), un quatrième élément de commande (9) étant commandé par un champ caractéristique, les éléments de commande (6, 7, 8, 9) pouvant être commandés séparément, de sorte que dans des phases successives d'une phase de fonctionnement à chaud du moteur à combustion interne, et dans un mode suivant à la température de fonctionnement, des zones de refroidissement pouvant être commandées séparément puissent être parcourues par le réfrigérant, le premier élément de commande (6) étant associé au côté gaz d'échappement (14) de l'enveloppe d'eau de la culasse (13), et le deuxième élément de commande (7) étant associé au côté d'entrée (16) de l'enveloppe d'eau de la cu-

lasse (13), et le troisième élément de commande (8) étant associé à l'enveloppe d'eau du bloc cylindre (12), et le quatrième élément de commande (9) étant connecté au troisième élément de commande (8).

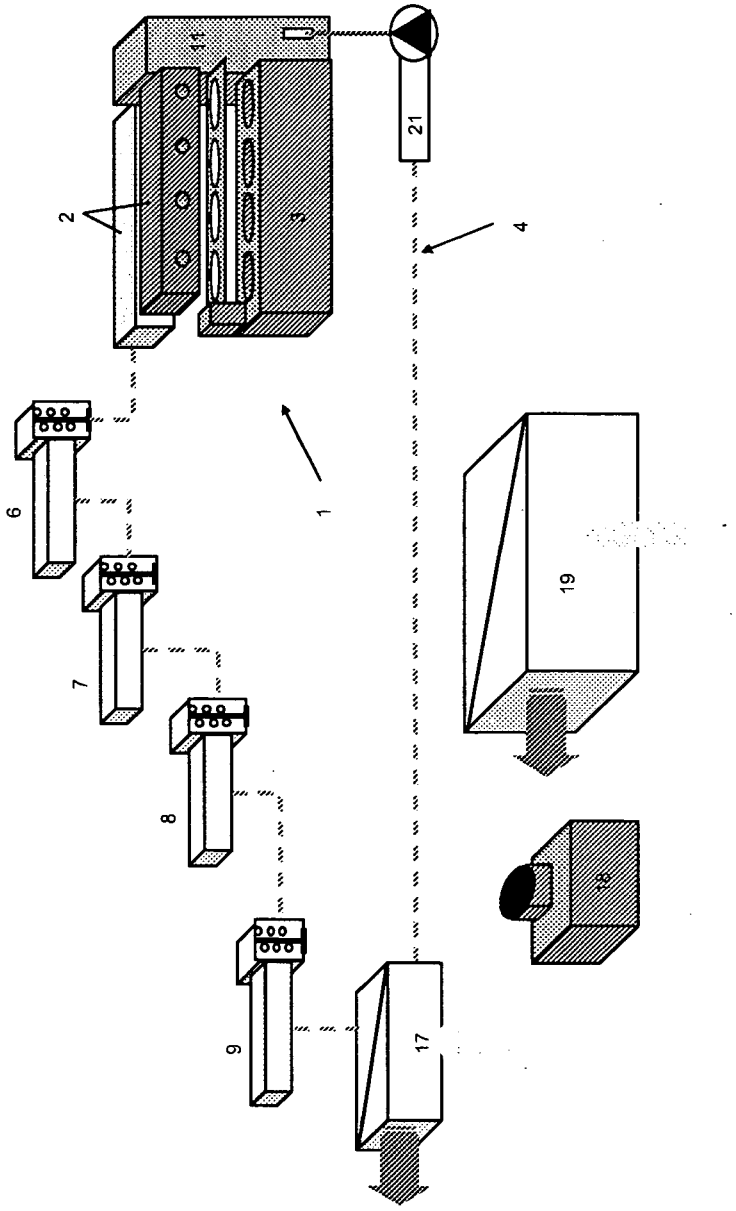


Fig. 1

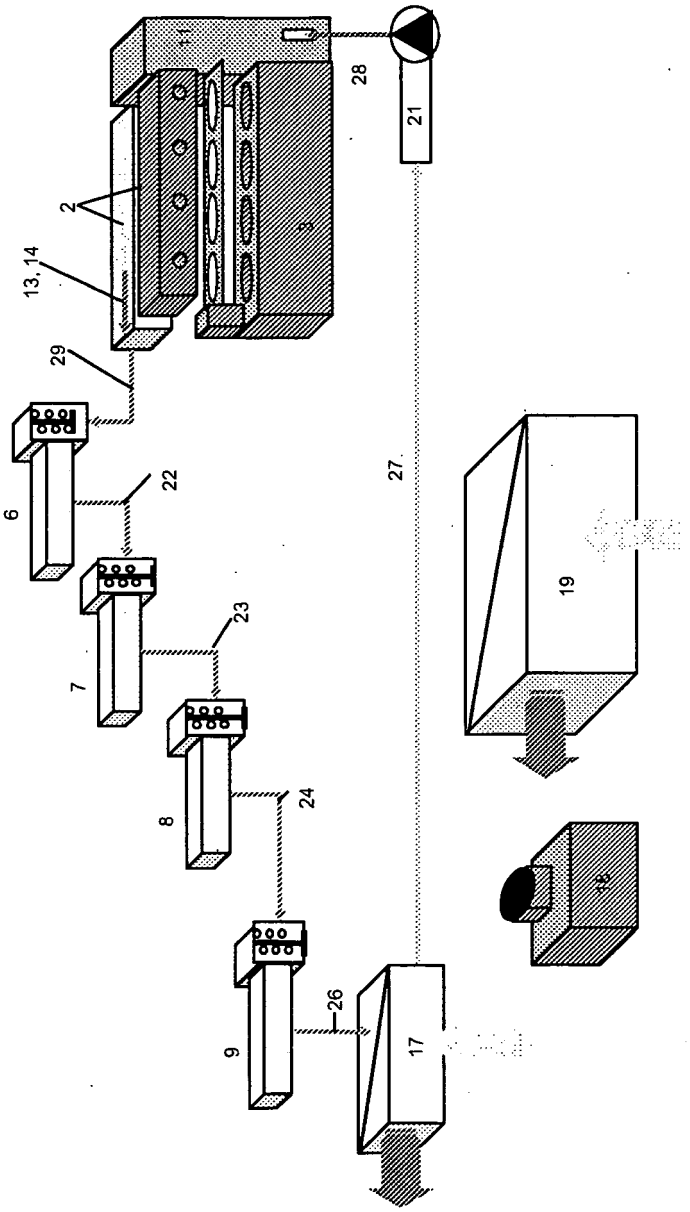


Fig. 2

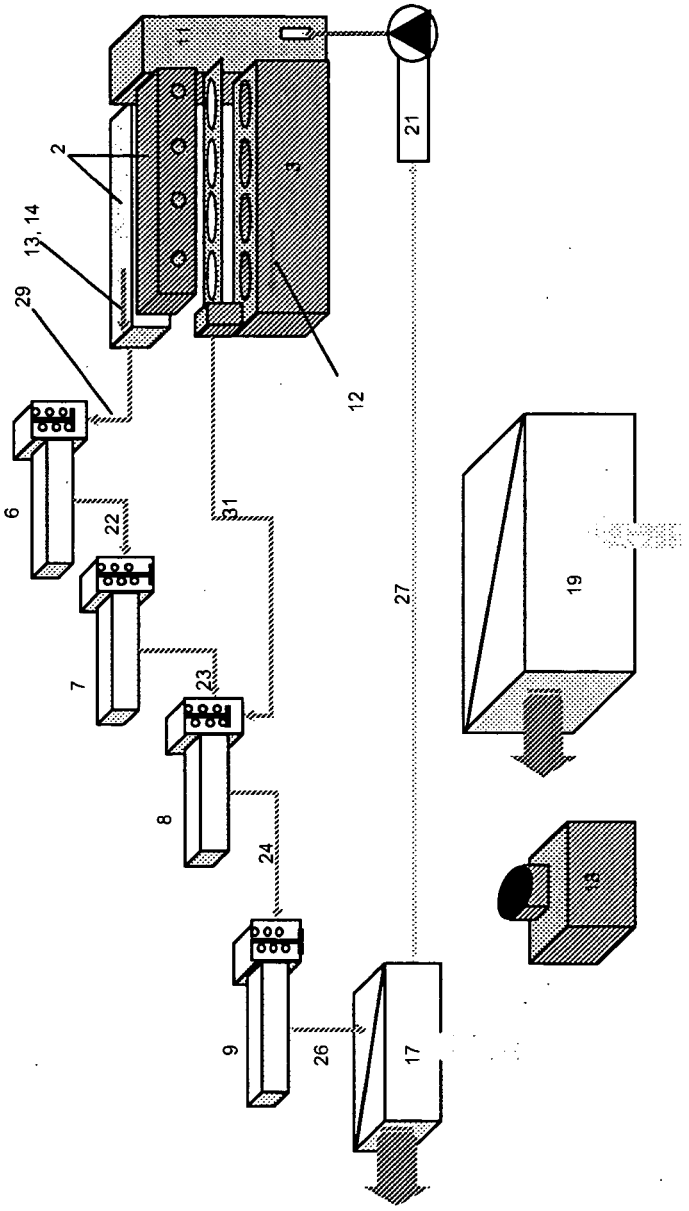


Fig. 3

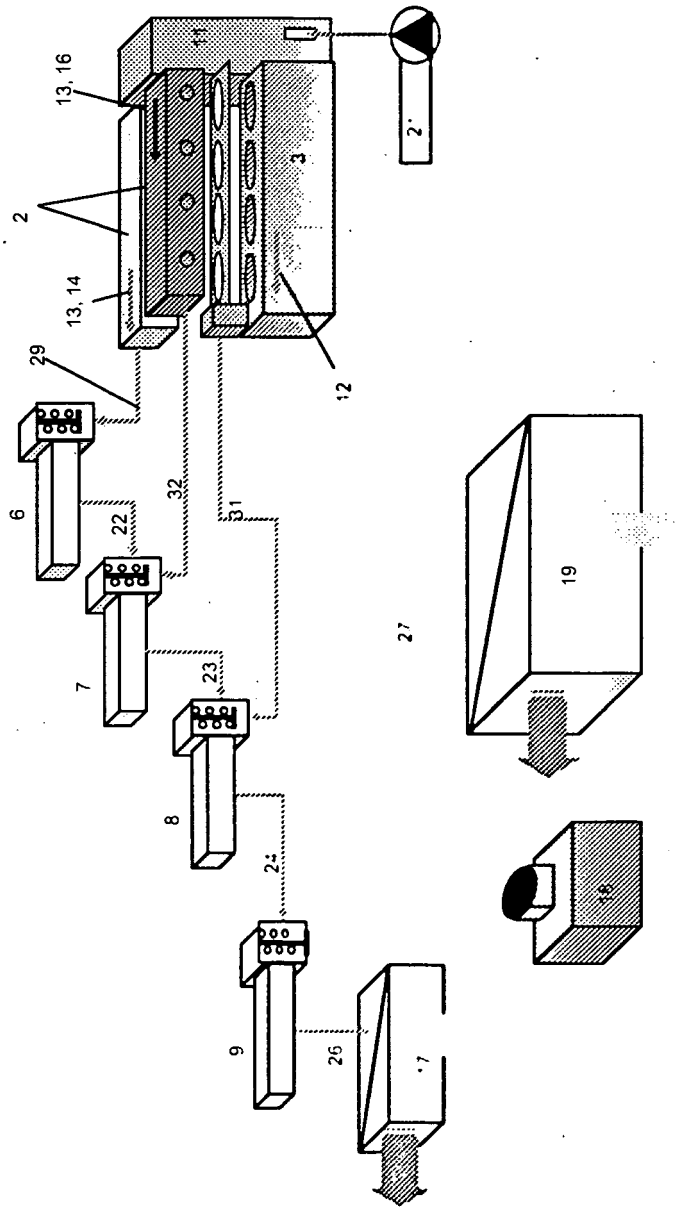


Fig. 4

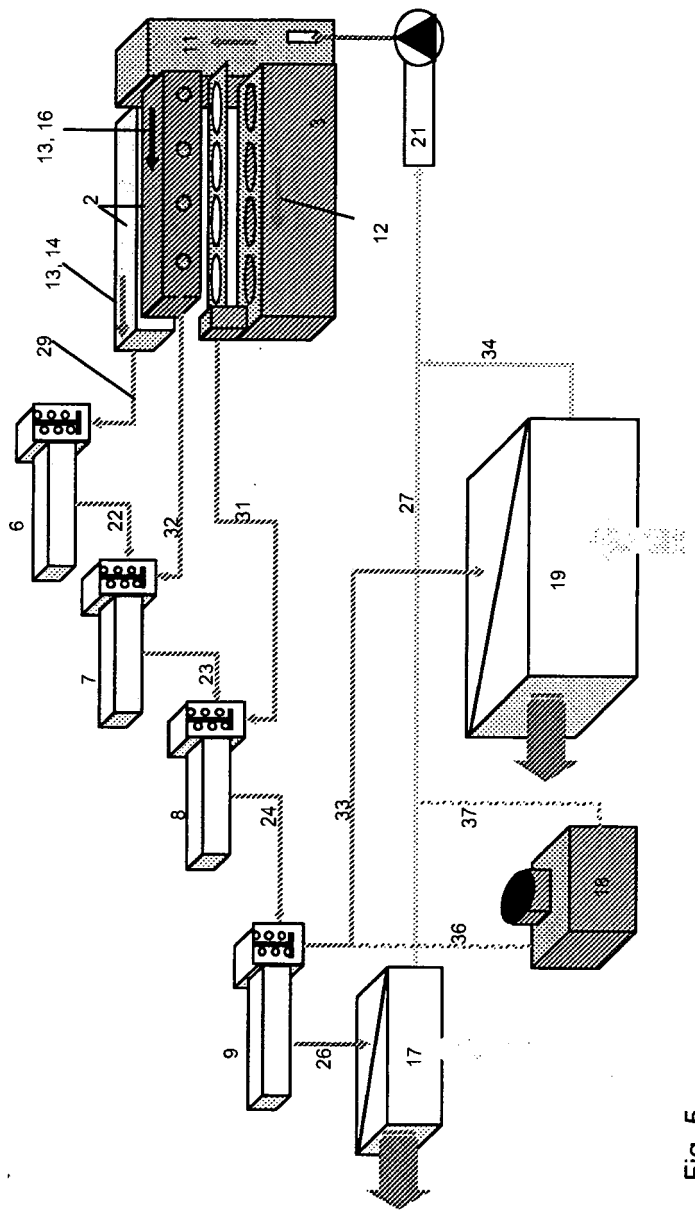


Fig. 5

Fig. 6: Integriertes Motor-Kuehlsystem (separate Steuerung der Zylinderkopf Einlass-Seite, Auslass-Seite (Kanaele und Kruemmer) und Zylinderblock)

Temperatur =>	Kuehlmitteltemp. T1 bzw Abgastemp. < Arbeitstemp. Katalysator	Kuehlmitteltemp. T2 bzw Bauteiltemp. < kritische Bauteiltemp.	Kuehlmitteltemp. T3 < Homogenisierungstemp.	Kuehlmitteltemp. T4 < max. Kuehlmitteltemp.	Kuehlmitteltemp. T5 = max. Kuehlmitteltemp.	Kuehlmitteltemp. T6 = Homogenisierungstemp.
	Aufwaermphase				*Betriebsphase Motor*	
Phase =>	***Phase 1***	***Phase 2***	***Phase 3***	***Phase 4***	***Phase 5 (opt.)***	***Phase 6 (opt.)***
Strategie =>	Kein Kuehlmittel Durchfluss => Verbesserte Struktur / Oel u. Motor Aufwaermung	Kuehlung der Auslass-Kanaele und des Abgaskruemmers => Energie fuer Heizung	Kuehlung der Zylinderkopf Auslass-Seite (Kanaele und Kruemmer) und des Zylinderblocks => Kuehlung kritischer Bereiche	Kuehlung des Gesamtmotors, ohne Radiator und ohne Ausgleichsbehaelter Durchfluss => Homogenisierung der Motortemperaturverteilung	Kuehlung der Zylinderkopf Auslass-Seite und des Zylinderblocks	Kuehlung des Gesamtmotors, mit Radiator und mit Ausgleichsbehaelter Durchfluss
Attribute \ Vorteil gegenueber konventionellem Kuehlsystem:						
Fahrgastraum Aufwaermgeschwindigkeit	o Kein Einfluss	+ Waermetransport ins Kuehlmittel, dort wo Waerme generiert wird	+ Waermetransport ins Kuehlmittel, dort wo Waerme generiert wird	o	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase
Klopf Sensibilitaet	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	+ Niedrigere Gastemperatur
Volumetrischer Wirkungsgrad	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	+ Niedrigere Einlass Gastempertur
Leistungsaufnahme Wasserpumpe	+ (P=dp*V)/eta	o	o	o	o	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase
Thermischer Wirkungsgrad	+ geringere thermische Verluste im Brennraum	+ geringere thermische Verluste im Brennraum	o	+ geringere thermische Verluste im Brennraum	+ geringere thermische Verluste im Brennraum	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase
Reibung / Oel Erwaermung	+ Falls kein Oel-Wasser-Waermetauscher	+ Falls kein Oel-Wasser-Waermetauscher	o	+ mehr Waermeuebergang ins Oel aufgrund hoeheren Temperatur Levels	+ Falls kein Oel-Wasser-Waermetauscher	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase
Erreichen der Katalysator Aktivierungstemperatur	+ geringere thermische Verluste Abgasseitig	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase
Dauerhaltbarkeit	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	o	o Kein kritscher Punkt i.d. Phase	+ Niedrigere Struktur Temperatur

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 1375857 A **[0002]**