

(19)



(11)

EP 4 060 185 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.01.2025 Patentblatt 2025/05

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F03C 1/06 ^(2006.01) **F04B 1/20** ^(2020.01)
F04B 1/2014 ^(2020.01) **F04B 53/22** ^(2006.01)
F04B 53/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22160386.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F03C 1/0636; F03C 1/0644; F04B 1/20;
F04B 1/2014; F04B 53/08; F04B 53/22

(22) Anmeldetag: **07.03.2022**

(54) **KÜHLMODUL FÜR EINE HYDROMASCHINE, HYDROMASCHINE DAMIT, UND HYDRAULISCHES AGGREGAT**

COOLING MODULE FOR A HYDRAULIC MACHINE, HYDRAULIC MACHINE USING THE SAME, AND HYDRAULIC UNIT

MODULE DE REFRROIDISSEMENT POUR UNE MACHINE HYDRAULIQUE, MACHINE HYDRAULIQUE CORRESPONDANTE ET GROUPE HYDRAULIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **15.03.2021 DE 102021202489**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.09.2022 Patentblatt 2022/38

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Schwacke, Johannes**
63619 Bad Orb (DE)
• **Amrhein, Bertram**
63879 Weibersbrunn (DE)
• **Jungmann, Rainer**
97291 Thuengersheim (DE)
• **Rumpel, Manuel**
97753 Karlstadt (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 643 928 EP-A1- 3 737 862
WO-A1-2019/211100 DE-A1- 102018 200 930
DE-B3- 102012 000 986

EP 4 060 185 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kühlmodul für eine Hydromaschine, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, eine Hydromaschine mit diesem, gemäß Anspruch 13 und ein hydraulisches Aggregat mit der Hydromaschine, gemäß Anspruch 14.

[0002] Herzstück eines hydraulischen Kreislaufs ist eine Hydromaschine, insbesondere eine Hydropumpe. Über sie wird mechanische in hydraulische, insbesondere in hydrostatische Energie eines von ihr geförderten Druckmittels gewandelt. Im Falle eines Betriebes als Hydromotor erfolgt die Wandlung in umgekehrter Richtung. Bei Energiewandlung treten Verluste auf, die im Falle des hydraulischen Kreislaufs insbesondere zur Erwärmung des Druckmittels führen. Dabei ist der innerhalb der oder den Hydromaschinen auftretende Verlust für den Großteil der Erwärmung des Druckmittels verantwortlich, ein weitaus kleinerer Teil ist von Strömungsverlusten in Leitungen verursacht. Besonders groß ist die Erwärmung des Druckmittels innerhalb der Hydropumpe.

[0003] Bei konventionellen Lösungen wird die in der Hydropumpe verlustbedingt anfallende thermische Energie vom geförderten Druckmittel in den hydraulischen Kreislauf hinein verschleppt, bis sie mittels einem externen Wärmetauscher als Wärme an ein Kühlmittel abgeführt wird. Hierbei wird die thermische Energie auf ein großes Ölvolumen verteilt, wodurch eine große Menge an Druckmittel umzuwälzen ist, um die Wärme abzuführen. Aufgrund der großen Druckmittelmenge ist aber auch ein ΔT zum rückkühlenden Kühlmittel vergleichsweise klein, sodass der Wirkungsgrad am externen Wärmetauscher klein ist und dessen Wärmeaustauschfläche groß sein muss, was Investitions- und Betriebskosten hochhält.

[0004] Die Druckschriften DE 94 11 163 U1, JPH 08 22 64 12 und DE 27 03 686 zeigen jeweils eine Lösung, bei der die Kühlung mittels der Spülung des Gehäuseinnenraums der Hydropumpe mit Druckmittel erfolgt. Das auf diese Weise aus der Hydropumpe ausgetragene Druckmittel wird in einem gesondert angeordneten Wärmetauscher mit Wasser rückgeköhlt wird. Auch hier ist die umzuwälzende Druckmittelmenge groß. Zudem muss die ausgespülte Menge permanent nachgespeist werden, was vorrichtungstechnischen Aufwand mit sich bringt.

[0005] Die Druckschrift CN 106 224 228 zeigt eine Hydraulikpumpe deren Gehäuse von einem Wärmerohr umwickelt ist. Die endgültige Abfuhr der Wärme erfolgt durch Rückkühlung des Mediums des Wärmerohres über ein Wasserbad. Nachteilig an dieser Lösung ist beispielsweise, dass das Wärmerohr durch seine außenseitige Exposition an der Hydropumpe der Beschädigung durch Stoß ausgesetzt ist. Eine verwandte Lösung zeigt die Druckschrift DE 10 2012 000 986 B3, in der ein Kühlmantel für eine Hydropumpe vorgeschlagen wird. Nachteilig hierbei ist, dass eine derartige Kühlmantel-

konstruktion vergleichsweise viel Bauraum beanspruchen kann.

[0006] Die Druckschrift WO 2019/211100 A1 zeigt eine Steuerscheibe für eine Fluiddurchgangssteuervorrichtung und die auf die Anmelderin zurückgehende Druckschrift EP 3 643 928 A1 zeigt eine hydraulische Steueranordnung mit einem hydraulischen Steuerblock, in dessen Einbauraum eine hydraulische Maschine angeordnet ist.

[0007] Die auf die Anmelderin zurückgehende Druckschrift EP 37 37 862 A1 zeigt eine als Axialkolbenmaschine ausgestalteten Hydromaschine, in deren Gehäuseinnenraum ein Wärmetausrohr aufgenommen ist, das sich in einem Ringraum zwischen dem Triebwerk der Axialkolbenmaschine und deren Gehäusemantel wendelförmig oder mäandern erstreckt. Durch diese Anordnung, derart nah am Ort der Erwärmung, ist das ΔT besonders hoch. Auch ist eine turbulente Verwirbelung einer durch die Leckage im Gehäuseinnenraum vorhandenen Druckmittelmenge aufgrund der rotierenden Arbeitsräume hoch. Bereits einer der beiden genannten Faktoren führt zu einem verbesserten Wärmeübergang, beide zusammen machen den Wärmeübergang besonders effizient. Es reicht daher eine kleine und einfach aufgebaute Wärmeaustauschfläche im Gehäuseinnenraum aus und es ist eine besonders effiziente Kühlung realisiert.

[0008] Solch integrierte Wärmetausrohre sind allerdings nicht als Standardelemente verfügbar, sondern sind je nach Anwendung mittels Rohrbiegen, Fräsen oder Gießen aufwendig herzustellen. Hinzukommen anschließende Fügeprozesse mittels Lötens oder Verschrauben, wobei stets auf Dichtheit der Fügestellen zu achten ist. Falls aus Bauraumgründen zusätzlich zur Kühlung noch weitere Funktionen angrenzend integriert werden müssen, kann es in diesen Bereichen aufgrund von Festigkeitsanforderungen oder dergleichen zu ungünstigen Werkstoffpaarungen kommen, sofern Werkstoffe abweichend vom Wärmetausrohr Verwendung finden. Hieraus wiederum resultieren aufgrund verschiedener Wärmeausdehnungskoeffizienten Risiken für die genannte Dichtheit.

[0009] Dem gegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zur Grunde, ein integrierbares Kühlmodul für eine Hydromaschine zu schaffen, das mit weniger Aufwand für eine jeweilige Hydromaschine fertigbar ist. Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine Hydromaschine mit integrierter Kühlung zu schaffen, die weniger aufwändig zu fertigen ist und eine dritte Aufgabe ist, ein hydraulisches Aggregat mit einer Hydromaschine mit integrierter Kühlung zu schaffen, das weniger aufwändig zu fertigen ist.

[0010] Die erste Aufgabe wird gelöst durch ein Kühlmodul mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, die zweite durch eine Hydromaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 13 und die dritte durch ein hydraulisches Aggregat mit den Merkmalen des Anspruchs 14.

[0011] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen beschrieben.

ben.

[0012] Ein Kühlmodul für eine Hydromaschine hat eine Kühleinrichtung, die zur Anordnung in einem Gehäuseinnenraum der Axialkolbenmaschine vorgesehen und ausgestaltet ist.

[0013] Der Gehäuseinnenraum ist insbesondere radial von einem Gehäuse der Hydromaschine und von einem darin rotierbar angeordneten Triebwerk begrenzt. Das Gehäuse der Hydromaschine kann dabei allein die Gehäusefunktion aufweisen oder es hat weitere Funktionen, wie beispielsweise integrierte Ventile, oder es ist zudem als Träger für eine Antriebsmaschine oder dergleichen ausgebildet. Insbesondere ist das Gehäuse von einem Steuerblock gebildet, der eine topfartige Ausnehmung aufweist, in die die Kühleinrichtung und das Triebwerk einsetzbar sind. Ein Zulauf der Kühleinrichtung ist mit einem Zulaufkanal und ein Ablauf der Kühleinrichtung ist mit einem Ablaufkanal eines Gehäuseabschnitts des Kühlmoduls, insbesondere fluiddicht, verbunden. Der Gehäuseabschnitt des Kühlmoduls ist insbesondere zur Befestigung am Gehäuse der Hydromaschine, insbesondere zum Verschluss des Gehäuseinnenraums vorgesehen und weist dementsprechend Befestigungsmittel oder -einrichtungen auf, beispielsweise Gewindebohrungen und/oder -bolzen, und/oder Justiermittel zum präzisen Ausrichten. Erfindungsgemäß ist das Kühlmodul zumindest abschnittsweise additiv gefertigt, und die Kühleinrichtung mit dem Gehäuseabschnitt ist einstückig ausgebildet.

[0014] Die additive Fertigung ermöglicht es, funktionale Abschnitte des Kühlmoduls, insbesondere eine Wärmeaustauschfläche und/oder ein Strömungsquerschnitt der Kühleinrichtung, nahezu beliebig an der geforderten Funktionalität auszugestalten. So ist eine optimierte Kühlleistung bei gleichzeitig reduziertem Strömungswiderstand eines Kühlmittelstromes der Kühleinrichtung erzielbar.

[0015] In einer bevorzugten Weiterbildung ist das Kühlmodul für eine Hydromaschine ausgestaltet, die als hydrostatische Axialkolbenmaschine ausgebildet ist.

[0016] In diesem Fall erstreckt sich die Kühleinrichtung vorzugsweise umfänglich und insbesondere axial, sodass sie in einen vom Triebwerk und dem Gehäuse der hydrostatischen Axialkolbenmaschine begrenzten Ringraumabschnitt des Gehäuseinnenraums eintauchbar ist.

[0017] Vorzugsweise ist in der Kühleinrichtung ein Kühlmittel einphasig oder zweiphasig angeordnet, insbesondere strömend angeordnet.

[0018] In einer bevorzugten Weiterbildung ist zumindest die Kühleinrichtung zumindest abschnittsweise additiv gefertigt. Insbesondere ist aufgrund der additiven Fertigung eine äußere Gestalt der Kühleinrichtung, ihr Strömungsquerschnitt, ihre Wandungsdicke und / oder ihr Material zumindest in Abhängigkeit der bestimmungsgemäß zu übertragenden Wärme und / oder der bestimmungsgemäßen Temperatur des Druckmittels mit hohem Freiheitsgrad auslegbar.

[0019] Der Gehäuseabschnitt kann zumindest abschnittsweise anderweitig, insbesondere spanend, oder additiv gefertigt sein. Durch eine solche Hybridbauweise sind reduzierte Herstellkosten möglich. Hierzu sind Funktionen des Kühlmoduls nach ihrer Herstellbarkeit gruppiert und in Bauteilzonen zusammengefasst. Solche, die einfach und kostengünstig zerspanend herstellbar sind, wie beispielsweise der Gehäuseabschnitt, insbesondere in Form eines Deckels oder Motor-Pumpenträgers, werden zusammengefasst und entsprechend spanend gefertigt. Lediglich die durch ihre Komplexität schwierig konventionell herstellbare Kühleinrichtung wird additiv gefertigt. Somit wird die additive Fertigung nur dort genutzt, wo sie technische und kaufmännische Vorteile mit sich bringt.

[0020] In einer Weiterbildung ist der additiv gefertigte an den anderweitig gefertigten Abschnitt des Kühlmoduls additiv angeformt. Auf diese Weise entfällt ein prozesstechnisch schwierig zu beherrschendes und aufwändiges Verbinden der Abschnitte mittels einem gesonderten Fügeverfahren.

[0021] In einer Weiterbildung ist in einem Bereich dieser additiven Anformung der Zulauf mit dem Zulaufkanal und/oder der Ablauf mit dem Ablaufkanal verbunden. Auf diese Weise kann auf Dichtungsmittel, die bei herkömmlicher Fertigung in diesem Bereich vorzusehen wären, verzichtet werden.

[0022] In einer Weiterbildung sind der Gehäuseabschnitt und die Kühleinrichtung aus einem gleichen Material gefertigt, sodass die additive Anformung besonders gut ausbildbar und haltbar ist. Aufgrund der so vermiedenen Paarung unterschiedlicher Werkstoffe ist auch die Problematik unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten der Abschnitte ausgeschlossen. Ebenso sind es die damit verbundenen Folgeprobleme, insbesondere Leckage oder Kontaktkorrosion.

[0023] Vorzugsweise hat die Kühleinrichtung ein den Zulauf und den Ablauf aufweisendes Wärmetauschröhr. Dieses erstreckt sich insbesondere wendelförmig, mäandernd oder ondulierend. Abweichend von dieser Rohrform kann die Kühleinrichtung einen Innenraum mit Labyrinth-, Gitter- oder Siebform oder dergleichen aufweisen.

[0024] Ein Wärmeübergang ist weiter verbessert, wenn sich in einer Weiterbildung die Kühleinrichtung, insbesondere das Wärmetauschröhr, in Radialrichtung mit einer oder mit wenigstens zwei Wicklungen oder Lagen erstreckt.

[0025] In einer Weiterbildung ist die Kühleinrichtung zumindest innenseitig oder außenseitig strömungsoptimiert ausgestaltet ist, und/oder sie ist zumindest innenseitig oder außenseitig wärmeübergangsoptimiert ausgestaltet. Beispielsweise sind hierfür über die additive Fertigung Hinterschnitte ausgebildet, die konventionell kaum oder nur mit hohem Aufwand darstellbar sind.

[0026] In einer Weiterbildung sind hierzu einander benachbarte Wendeln, Mäander oder Wellen des Wärmetauschröhres über wenigstens einen additiv gefertigten

Steg, eine additiv gefertigte Rippe oder Noppe oder dergleichen verbunden. Solche Strukturen verleihen der Kühleinrichtung zum einen eine höhere Stabilität, zum anderen tragen sie zum besseren Wärmeaustausch und ggf. zur intensiveren oder besseren Umströmung der Kühleinrichtung bei.

[0027] Dieser Effekt ist weiter verbessert, wenn die Kühleinrichtung in einer Weiterbildung außenseitig Steg-, Rippen-, Noppen- oder Hohlkörperfortsätze hat, die sich in den freien Raum, im montierten Zustand des Kühlmoduls in den Gehäuseinnenraum, erstrecken.

[0028] In einer Weiterbildung des Kühlmoduls weisen distal des Gehäuseabschnitts angeordnete Bogenabschnitte der Mäander oder Wellen gleiche Scheitelhöhen auf, sie ragen somit in montiertem Zustand des Kühlmoduls in axialer Richtung gleich weit in den Gehäuseinnenraum hinein. Um auf spezifische Bauraumbedingungen im Gehäuseinnenraum einzugehen und die zur Verfügung stehende Wärmeaustauschfläche zu maximieren, weisen die Mäander oder Wellen in einer Variante unterschiedliche Scheitelhöhe auf.

[0029] An einem zum Gehäuseabschnitt benachbarten Endabschnitt der Kühleinrichtung weist wenigstens ein Bogenabschnitt der Mäander oder Wellen eine geringere Scheitelhöhe als die anderen auf. Auf diese Weise ist ein Frei- oder Bauraum für eine Funktion nahe dem Gehäuseabschnitt mit dessen Zulaufkanal und Ablaufkanal vorgehalten.

[0030] In einer bevorzugten Weiterbildung erstreckt sich in diesem Frei- oder Bauraum der Zulauf oder der Ablauf der Kühleinrichtung, insbesondere parallel zum Gehäuseabschnitt.

[0031] Eine Hydromaschine hat ein Gehäuse mit einem Gehäuseinnenraum und einem darin um eine Drehachse rotierbar gelagerten Triebwerk. Insbesondere weist das Triebwerk Zylinder-Kolbeneinheiten auf, von denen hydrostatische Arbeitsräume begrenzt sind, die bei Rotation des Triebwerks alternierend mit einem Hochdruck und einem Niederdruck der Hydromaschine verbindbar sind. Im Betrieb der Hydromaschine weist diese eine Leckage von Druckmittel in ihren Gehäuseinnenraum hinein auf. Die Leckage kann beispielsweise aus den Arbeitsräumen nach radial außen direkt in den Gehäuseinnenraum hinein erfolgen, beispielsweise über einen Dichtspalt der Arbeitsräume mit einer Steuerscheibe. Ergänzend oder alternativ kann die Leckage aus den Arbeitsräumen über einen Dichtspalt nach radial innen erfolgen, hin zu einer Triebwelle der Hydromaschine, und über eine Spaltanordnung in den Gehäuseinnenraum geleitet werden. Ergänzend kann in den Gehäuseinnenraum eine Leckageleitung oder ein Leckagekanal münden, über den dem Gehäuseinnenraum, und damit der Kühleinrichtung des Kühlmoduls, ein Leckagevolumenstrom einer externen Komponente zugeführt werden kann. Auf diese Weise kann nicht nur das aus den Arbeitsräumen der Hydromaschine austretende Druckmittel, sondern ergänzend das Druckmittel eines hydraulischen Aggregats gekühlt werden. Erfindungsgemäß ist

ein Kühlmodul, das gemäß wenigstens einem Aspekt der vorangegangenen Beschreibung ausgestaltet ist, mit seiner Kühleinrichtung in den vom Gehäuse und dem Triebwerk begrenzten Gehäuseinnenraum eingetaucht und der Gehäuseinnenraum ist zumindest abschnittsweise vom Gehäuseabschnitt des Kühlmoduls begrenzt. Insbesondere ist das Gehäuse über den Gehäuseabschnitt des Kühlmoduls verschließbar, insbesondere verschlossen.

[0032] Das erfindungsgemäße Kühlmodul ist aufgrund der additiven Fertigung einfach auf die individuellen Gegebenheiten und Geometrien der jeweiligen Hydromaschine angepasst fertigbar. Die damit verbundenen Vorteile wurden bereits im Zuge der Beschreibung des Kühlmoduls dargelegt, sodass auf ihre erneute Nennung verzichtet werden kann.

[0033] Vorzugsweise ist die Hydromaschine als Axialkolbenmaschine, insbesondere in Schrägscheibenbauweise, ausgebildet, wobei Kolben der Zylinder-Kolbeneinheiten an einer gehäusefest angeordneten oder verschwenkbar gelagerten Schrägscheibe gleitend abgestützt sind. Dabei ist das Triebwerk der Axialkolbenmaschine bevorzugt vollumfänglich und axial zumindest abschnittsweise von der Kühleinrichtung umgriffen.

[0034] Auch die Schrägscheibe ist in einer Weiterbildung vollumfänglich und axial zumindest abschnittsweise von der Kühleinrichtung umgriffen.

[0035] Alternativ ist eine Schrägachsenbauweise möglich.

[0036] Der Gehäuseinnenraum erstreckt sich in einer Weiterbildung als Ringraum um die Drehachse, insbesondere überwiegend zylindrisch oder konisch oder oval. Die Drehachse ist von der Kühleinrichtung insbesondere vieleckig, insbesondere vier-, sechs-, acht- oder 10-eckig umgriffen, wobei auch ungerade Eckanzahlen möglich sind.

[0037] Insbesondere ist das Gehäuse von einem Steuerblock gebildet, in dem wenigstens eine Zusatzfunktion, wie beispielsweise ein Steuer- oder sonstiges Ventil, vorgesehen ist.

[0038] Die Hydromaschine kann als Hydropumpe oder als Hydromotor ausgebildet sein oder sie ist als Hydropumpe und als Hydromotor betreibbar ausgebildet.

[0039] Ein hydraulisches Aggregat hat eine Hydromaschine, die gemäß wenigstens einem Aspekt der vorangegangenen Beschreibung ausgebildet ist. Dabei ist deren Gehäuse zumindest mit einer Antriebsmaschine, über die ein Drehmoment an die Axialkolbenmaschine übertragbar ist, fest verbunden.

[0040] In einer Weiterbildung des Aggregates ist die Antriebsmaschine als Elektromaschine ausgestaltet.

[0041] Insbesondere, wenn die Antriebsmaschine fluid- oder wassergekühlt ausgestaltet ist, erweist sich eine Weiterbildung des Aggregats als vorteilhaft, in der die Kühlung der Antriebsmaschine fluidisch mit dem Kühlmodul der Hydromaschine verbunden ist. Dies kann in fluidischer Reihen- oder Parallelschaltung ausgestaltet sein. Das reduziert die Anzahl der Schnittstellen des

Aggregates nach außen, sodass das Aggregat einfacher in eine Kundenumgebung integrierbar ist. Eine zusätzliche Verringerung von Schnittstellen nach außen ist durch die folgenden Weiterbildungen möglich.

[0042] Ergänzend ist in einer Weiterbildung ein Druckmittelbehälter, der mit dem Niederdruck der Hydromaschine verbindbar ist, ein Hydrozylinder, der von der Hydromaschine mit Druckmittel versorgbar ist, und /oder ein Steuerblock, insbesondere ein Ventilsteuerblock, über den ein Druckmittelvolumenstrom zur Druckmittelversorgung des Hydrozylinders steuerbar ist, mit dem Gehäuse der Hydromaschine fest verbunden.

[0043] Über ein derartiges Aggregat ist ein äußerst kompakter hydraulischer Linearantrieb mit integrierter Antriebsmaschine, integrierter Steuerung und integrierter Kühlung ausbildbar.

[0044] Besonders kompakt ist das Aggregat ausgebildet, wenn das Gehäuse der Hydromaschine, wie bereits weiter oben erwähnt, von dem Steuerblock gebildet ist, der nicht nur hydraulische Steuerfunktionen wie Steuerventile und Druckmittelkanäle und dergleichen trägt, sondern der auch als Trägerbauteil dient, wobei an ihm die genannten Komponenten des Aggregates angeflanscht oder befestigt sind. Auf diese Weise sind Schnittstellen innerhalb eines Umfangs des Aggregats bauraumsparend untergebracht und zudem ist eine Anzahl der Schnittstellen des Aggregats nach außen stark reduzierbar.

[0045] In einer Weiterbildung mündet ein Niederdruckkanal des Aggregates, mit dem Leckageräume genannter Komponenten fluidisch verbindbar oder verbunden sind, in den Gehäuseinnenraum. Auf diese Weise kann auch die Leckage dieser Komponenten der im Gehäuse der Hydromaschine angeordneten Kühleinrichtung zugeführt und darüber gekühlt werden.

[0046] Je ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kühlmoduls, einer erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine, sowie eines erfindungsgemäßen Aggregats ist in den Zeichnungen dargestellt. Anhand der Figuren dieser Zeichnungen wird die Erfindung nun näher erläutert.

[0047] Es zeigen:

Figur 1 ein hydrostatisches Aggregat mit einer als Axialkolbenmaschine ausgebildeten Hydromaschine und einer hydraulischen Achse gemäß einem Ausführungsbeispiel, in einer teilgeschnittenen Seitenansicht,

Figur 2 ein Kühlmodul der Axialkolbenmaschine gemäß Figur 1 in teilperspektivischer Ansicht,

Figur 3 das Kühlmodul gemäß Figur 2 in teilperspektivischer und teilgeschnittener Ansicht,

Figur 4 das Kühlmodul gemäß Figur 2 und 3 in einem Längsschnitt, und

Figur 5 einen Querschnitt des Kühlmoduls in perspektivischer Darstellung.

[0048] Gemäß Figur 1 hat ein hydraulisches Aggregat

1 eine als hydrostatische Axialkolbenpumpe 2 ausgebildete Hydromaschine mit einem topfförmigen Gehäuse 4 mit einem Gehäusemantel 6, der stirnseitig einerseits einen Topfboden 8 aufweist und andererseits von einem deckelförmigen Gehäuseabschnitt 10 verschlossen ist. Der Gehäuseabschnitt 10 ist mit einem Zylindergehäuse einer Linearachse 12 verbunden. Im Gehäuse 4 ist über Wälzlager (nicht dargestellt) eine Triebwelle 14 drehbar gelagert. Drehfest mit der Triebwelle 14 verbunden ist eine Zylindertrommel 16, in die entlang einem konzentrisch zur Drehachse 18 angeordneten Teilkreis eine Vielzahl von Zylinderbohrungen parallel zur Drehachse 18 eingebracht ist. In der jeweiligen Zylinderbohrung ist ein hydrostatischer Arbeitskolben 20 axialverschieblich geführt und seitens des Gehäuseabschnitts 10 an einer fest an diesem angeordneten Schrägscheibe 22 gleitend abgestützt. Gegenüberliegend ist zwischen der Zylindertrommel 16 und dem Topfboden 8 eine von Durchgangsausnehmungen (nicht dargestellt) durchsetzte Steuerscheibe 24 angeordnet. Die Durchgangsausnehmung (Drucknieren) sind dabei in Druckmittelverbindung mit einem am Topfboden 8 ausgebildeten Hochdruckanschluss und einem Niederdruckanschluss (nicht dargestellt). Auf eine weitere Erläuterung des grundlegenden Aufbaus der Axialkolbenmaschine 2 kann an dieser Stelle verzichtet werden, da dieser Maschinentyp hinlänglich aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0049] Darüber hinaus ist in einem vom Gehäusemantel 6 und der Zylindertrommel 16 begrenzten Ringraum eine von Kühlmittel durchströmbare, hohle Kühleinrichtung 26 zur Abfuhr thermischer Energie aus dem Gehäuse 4 angeordnet. Diese umgreift die Zylindertrommel 16 vollumfänglich und dient der Kühlung von in den Gehäuseinnenraum aufgrund von Leckage gelangendem Druckmittel. Wie bereits erwähnt liegt der heißeste und verlustbehaftetste Punkt in einem hydraulischen Kreislauf in der hydrostatischen Axialkolbenmaschine 2. Dementsprechend weist auch das genannte Druckmittel dort die höchste Temperatur auf. Durch die im Ringraum angeordnete Kühleinrichtung 26 wird die thermische Energie genau an diesem Punkt an ein darin strömendes Kühlmittel, beispielsweise Wasser, übertragen. Dadurch ist ein ΔT an dieser Stelle sehr hoch und der Wärmeübergangskoeffizient α ebenfalls. Damit kann auf kleiner Wärmetauschfläche eine große Wärmemenge übertragen werden. In Folge entfällt ein bedeutend größerer Wärmetauscher, der extern zur Verfügung gestellt werden müsste. Aufgrund ihrer additiven Fertigung weist die Kühleinrichtung 26 eine optimierte Geometrie bezüglich Strömungsdruckverlust und Wärmeübertragung auf und kann so besonders kompakt ausgestaltet sein. Die Kühleinrichtung 26 besteht aus dem gleichen Material, wie der Gehäuseabschnitt 10 und ist an diesen additiv angeformt, das heißt additiv mit diesem verbunden. Der Gehäuseabschnitt 10 ist wiederum kostengünstig spanend gefertigt, da seine Geometrie keine komplexen Formen aufweisen muss, sondern lediglich eine hohe Festigkeit.

[0050] Das Gehäuse 4 mit einem Gehäusemantel 6 und einem Gehäuseboden oder Topfboden 8 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel von einem Steuerblock des Aggregats 1 gebildet, der insbesondere Steuerventile und einen Motor-Pumpenträger (nicht dargestellt) trägt. Die Axialkolbenmaschine 2, der Steuerblock, das Kühlmodul 28, beziehungsweise 10, 26, der Motor-Pumpenträger und die Achse 12 sind somit zu einem extrem kompakten Bauteil mit minimalem Bauraumbedarf aggregiert.

[0051] Der Gehäuseabschnitt 10 bildet zusammen mit der Kühleinrichtung 26 ein einstückiges Kühlmodul 28, dessen Aufbau in den Figuren 2 bis 5 näher erläutert wird.

[0052] Gemäß Figur 2 münden an einer Randseite 30 des spanend gefertigten, plattenförmigen Gehäuseabschnitts 10 ein Zulaufkanal 32 und ein Ablaufkanal 34 zur Kühlmittelversorgung der Kühleinrichtung 26. Das Kühlmittel kann Wasser oder ein anders geeignetes Fluid sein. Beide 32, 34 sind jeweils mit einem Innengewinde zur Aufnahme von Anschlussbuchsen versehen. In Axialrichtung ist der plattenförmige Gehäuseabschnitt 10 von Durchgangsbohrungen durchsetzt, die für Befestigungsbolzen 36 (vgl. Figur 1) der Achse 12 vorgesehen sind.

[0053] Mittig aus einem plattenförmigen Grundkörper des Gehäuseabschnitts 10 erstreckt sich ein im gezeigten Ausführungsbeispiel zylindrischer Sockel 38, an dem die Kühleinrichtung 26 angesetzt ist. Diese ist als mäanderndes Wärmetauschröhr ausgestaltet, dessen Zulauf 40 mit dem Zulaufkanal 32 und dessen Ablauf 42 mit dem Ablaufkanal 34 verbunden ist. Mäander 44 der Kühleinrichtung erstrecken sich axial mit parallelen Längsabschnitten 46, wobei benachbarte Längsabschnitte 46 wechselweise distal und proximal über einen Bodenabschnitt 48 verbunden sind.

[0054] Wenigstens zwei benachbarte Längsabschnitten 46 sind, insbesondere zur Erhöhung der Festigkeit und/oder zur Verbesserung des Wärmeübergangs, über eine Reihe Streben 50, im gezeigten Ausführungsbeispiel mit abwechselndem Strebenwinkel, verbunden.

[0055] Figur 3 zeigt einen Längsschnitt durch das Kühlmodul 28, lateral versetzt zu einer Mittelachse der Kühleinrichtung und in perspektivischer Ansicht. Gut zu erkennen ist hierbei insbesondere eine Schnittstelle oder ein Übergang 52 vom spanend gefertigten, plattenförmigen Gehäuseabschnitt 10 zur additiv gefertigten Kühleinrichtung 26, also dem mäandernden Wärmetauschröhr.

[0056] Des Weiteren gibt die Ansicht den Blick frei auf sich an den Bogenabschnitten 48 nach axial erstreckenden Hohlkörperfortsätze 54. Diese haben eine Quaderform mit zwei nach axial offenen Kammern 56 und vergrößern die Wärmeaustauschfläche der Kühleinrichtung 26. Aufgrund der additiven Fertigung sind an dieser Stelle hohe Freiheitsgrade im Design der Kühleinrichtung 26, sowohl den inneren Strömungsquerschnitt betreffend als auch außenseitig hin zum Gehäuseinnenraum, gegeben.

[0057] Figur 4 zeigt einen Längsschnitt des Kühlmoduls 28. Der Gehäuseabschnitt 10 hat eine sich axial erstreckende, stufenzylindrische Durchgangsausnehmung 58, in die die Schrägscheibe 22 gemäß Figur 1 drehfest einsetzbar ist. Die Schnittstelle 52, an der der spanend gefertigte Abschnitt 10, 38 des Kühlmoduls 28 in den additiv gefertigten Abschnitt 26 übergeht, ist hier gut zu erkennen. Die Position der Schnittstelle 52 kann natürlich, an spezifische Anforderungen angepasst und nach jeweiliger Funktion und deren Herstellbarkeit gruppiert, anders gewählt sein.

[0058] Eine solche Möglichkeit zeigt die Figur 5. Hier ist eine Schnittstelle 52', an der der spanend gefertigte Gehäuseabschnitt 10 in die additiv gefertigte Kühleinrichtung 26 übergeht, um eine Distanz von einer Stirnseite 60 des Gehäuseabschnitts 10 versetzt angeordnet.

[0059] Zudem sind auf einem Teilkreis angeordnete, nierenförmige Sockel 62 spanend gefertigt, an denen Bogenabschnitte der Kühleinrichtung 26 ansetzen (nicht dargestellt).

[0060] Offenbart ist ein Kühlmodul für eine Hydromaschine, dessen durchströmbare Kühleinrichtung einstückig mit einem zur Befestigung ausgelegten Grundkörper des Kühlmoduls gebildet ist, und das zumindest abschnittsweise additiv gefertigt ist, wobei die Kühleinrichtung zur Anordnung, insbesondere zum Einsetzen oder Eintauchen, in ein Gehäuse der Hydromaschine, zwischen deren Triebwerk und dem Gehäuse, vorgesehen ist.

[0061] Offenbart ist weiterhin eine Hydromaschine mit einem derartigen Kühlmodul, wobei vom Grundkörper ein Gehäuseabschnitt der Hydromaschine gebildet ist, insbesondere ein Gehäusedeckel oder Flansch. Des Weiteren ist ein hydrostatisches Aggregat mit der Hydromaschine offenbart, wobei fest mit deren Gehäuse, eine Antriebsmaschine, insbesondere Elektromaschine, verbunden ist.

Bezugszeichenliste:

[0062]

1	hydraulisches Aggregat
2	Axialkolbenpumpe
4	Gehäuse
6	Gehäusemantel
8	Topfboden
10	Gehäuseabschnitt
12	hydraulische Achse
14	Triebwelle
16	Zylindertrommel
18	Drehachse
20	Arbeitskolben
22	Schrägscheibe
24	Steuerscheibe
26	Kühleinrichtung
28	Kühlmodul
30	Randseite

32	Zulaufkanal
34	Ablaufkanal
36	Befestigungsbolzen
38, 38'	Sockel
40	Zulauf
42	Ablauf
44	Mäander/Welle
46	Längsabschnitt
48	Bodenabschnitt
50	Streben
52, 52'	Schnittstelle
54	Hohlraumfortsatz
56	Kammer
58	Durchgangsausnehmung
60	Stirnseite
62	Sockel

Patentansprüche

1. Kühlmodul für eine Hydromaschine (2), das eine Kühleinrichtung (26) hat, die zumindest abschnittsweise in einen Gehäuseinnenraum, der von einem Gehäuse (6) und einem darin rotierbarem Triebwerk (16) der Hydromaschine (2) begrenzt ist, eintauchbar ist, wobei ein Zulauf (40) der Kühleinrichtung (26) mit einem Zulaufkanal (32) eines Gehäuseabschnitts (10) und ein Ablauf (42) der Kühleinrichtung (26) mit einem Ablaufkanal (34) des Gehäuseabschnitts (10) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlmodul (28) zumindest abschnittsweise additiv gefertigt ist, und dass der Gehäuseabschnitt (10) zusammen mit der Kühleinrichtung (26) ein einstückiges Kühlmodul (28) bildet.
2. Kühlmodul nach Anspruch 1, wobei sich die Kühleinrichtung (26) umfänglich erstreckt, sodass von ihr das Triebwerk (16) zumindest abschnittsweise umgreifbar ist.
3. Kühlmodul nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Gehäuseabschnitt (10) und die Kühleinrichtung (26) aus einem gleichen Material gefertigt sind.
4. Kühlmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Kühleinrichtung (26) zumindest abschnittsweise additiv und der Gehäuseabschnitt (10) zumindest abschnittsweise anderweitig, insbesondere spannend, gefertigt sind.
5. Kühlmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühleinrichtung (26) ein den Zulauf (40) und den Ablauf (42) aufweisendes Wärmetauschröhr hat, das sich wendelförmig, mäandernd oder ondulierend erstreckt.
6. Kühlmodul nach Anspruch 5, wobei benachbarte Wendeln, Mäander oder Wellen des Wärmetauschröhres über wenigstens einen Steg (50), eine

Rippe, Noppe oder dergleichen verbunden sind.

7. Kühlmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühleinrichtung (26) außenseitig Steg-, Rippen-, Noppen- oder Hohlkörperfortsätze (54) hat.
8. Kühlmodul zumindest nach Anspruch 5 oder 6, wobei distal des Gehäuseabschnitts (10) angeordnete Bogenabschnitte (48) der Mäander oder Wellen gleiche Scheitelhöhen aufweisen.
9. Kühlmodul zumindest nach Anspruch 5, 6 oder 8, wobei wenigstens einer von benachbart zum Gehäuseabschnitt angeordneten Bogenabschnitten der Mäander oder Wellen eine dort geringere Scheitelhöhe aufweist.
10. Kühlmodul nach Anspruch 9, wobei sich zwischen dem Bogenabschnitt mit geringerer Scheitelhöhe und dem Gehäuseabschnitt (10) der Zulauf (40) oder Ablauf erstreckt.
11. Kühlmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühleinrichtung (26) zumindest innenseitig strömungsoptimiert ausgestaltet ist, und/oder wobei die Kühleinrichtung (26) zumindest innenseitig oder außenseitig wärmeübergangsoptimiert ausgestaltet ist.
12. Kühlmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kühleinrichtung (26), insbesondere zur Strömungs- und/oder Wärmetauschoptimierung, Hinterschnitte aufweist.
13. Hydromaschine mit einem Gehäuse (4, 6, 8) mit einem Gehäuseinnenraum und einem darin um eine Drehachse (18) rotierbar gelagerten Triebwerk (16), und mit einer Leckage von Druckmittel in den Gehäuseinnenraum im bestimmungsgemäßen Betrieb der Hydromaschine (2), wobei ein Kühlmodul (28), das gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche ausgestaltet ist, mit seiner Kühleinrichtung (26) in den Gehäuseinnenraum eingetaucht ist, und wobei der Gehäuseinnenraum vom Gehäuseabschnitt (10) des Kühlmoduls (28) abschnittsweise begrenzt ist.
14. Hydraulisches Aggregat mit einer Hydromaschine (2) gemäß Anspruch 13, mit deren Gehäuse (4, 6, 8) eine Antriebsmaschine fest verbunden ist.
15. Aggregat nach Anspruch 14, wobei die Antriebsmaschine fluidgekühlt ausgestaltet ist und eine Kühleinrichtung der Antriebsmaschine und die Kühleinrichtung des Kühlmoduls der Hydromaschine fluidisch verbunden sind.

Claims

1. Cooling module for a hydraulic machine (2), which has a cooling device (26), at least certain portions of which can be immersed in a housing interior, which can be delimited by a housing (6) and an engine (16), which can rotate therein, of the hydraulic machine (2), wherein an inlet (40) of the cooling device (26) is connected to an inlet channel (32) of a housing portion (10), and an outlet (42) of the cooling device (26) is connected to an outlet channel (34) of the housing portion (10), **characterized in that** at least certain portions of the cooling module (28) are additively manufactured and **in that** the housing portion (10) forms a one-piece cooling module (28) together with the cooling device (26). 5
2. Cooling module according to Claim 1, wherein the cooling device extends circumferentially, so that it can surround at least certain portions of the engine. 10
3. Cooling module according to Claim 1 or 2, wherein the housing portion (10) and the cooling device (26) are manufactured from the same material. 15
4. Cooling module according to one of Claims 1 to 3, wherein at least certain portions of the cooling device (26) are additively manufactured and at least certain portions of the housing portion (10) are manufactured differently, in particular machined. 20
5. Cooling module according to one of the preceding claims, wherein the cooling device (26) has a heat exchange tube, which has the inlet (40) and the outlet (42) and extends in a helical, meandering or undulating manner. 25
6. Cooling module according to Claim 5, wherein adjacent helices, meanders or undulations of the heat exchange tube are connected via at least one web (50), rib, stud or the like. 30
7. Cooling module according to one of the preceding claims, wherein the outside of the cooling device (26) has web extensions, rib extensions, stud extensions or hollow body extensions (54). 35
8. Cooling module at least according to Claim 5 or 6, wherein curved portions (48) of the meanders or undulations arranged distally from the housing portion (10) have the same apex heights. 40
9. Cooling module at least according to Claim 5, 6 or 8, wherein at least one of the curved portions of the meanders or undulations arranged adjacent to the housing portion has a lower apex height there. 45
10. Cooling module according to Claim 9, wherein the

inlet (40) or outlet extends between the curved portion with a lower apex height and the housing portion (10).

11. Cooling module according to one of the preceding claims, wherein the cooling device (26) is configured to be optimized in terms of flow at least on the inside, and/or wherein the cooling device (26) is configured to be optimized in terms of heat transfer at least on the inside or outside. 50
12. Cooling module according to one of the preceding claims, wherein the cooling device (26) has undercuts, in particular for optimization in terms of flow and/or heat-exchange. 55
13. Hydraulic machine having a housing (4, 6, 8) having a housing interior and an engine (16), which is mounted so as to be rotatable therein about an axis of rotation (18), and having a leakage of pressure medium into the housing interior during intended operation of the hydraulic machine (2), wherein the cooling device (26) of a cooling module (28), which is configured according to one of the preceding claims, is immersed in the housing interior, and wherein certain portions of the housing interior are delimited by the housing portion (10) of the cooling module (28).
14. Hydraulic unit having a hydraulic machine (2) according to Claim 13, a drive machine being fixedly connected to the housing (4, 6, 8) of said hydraulic machine.
15. Unit according to Claim 14, wherein the drive machine has a fluid-cooled configuration and a cooling device of the drive machine and the cooling device of the cooling module of the hydraulic machine are fluidically connected.

Revendications

1. Module de refroidissement pour une machine hydraulique (2), qui a un dispositif de refroidissement (26) qui peut être immergé au moins par sections dans un espace intérieur de boîtier qui peut être délimité par un boîtier (6) et un mécanisme d'entraînement (16) de la machine hydraulique (2) pouvant tourner dans celui-ci, une entrée (40) du dispositif de refroidissement (26) étant reliée à un canal d'entrée (32) d'une section de boîtier (10) et une sortie (42) du dispositif de refroidissement (26) étant reliée à un canal de sortie (34) de la section de boîtier (10), **caractérisé en ce que** le module de refroidissement (28) est fabriqué de manière additive au moins par sections, et **en ce que** la section de boîtier (10) forme conjointement avec le dispositif de refroidissement

- (26) un module de refroidissement (28) d'une seule pièce.
2. Module de refroidissement selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de refroidissement s'étend sur la circonférence, de telle sorte qu'il peut entourer le mécanisme d'entraînement au moins par sections. 5
 3. Module de refroidissement selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la section de boîtier (10) et le dispositif de refroidissement (26) sont fabriqués dans un même matériau. 10
 4. Module de refroidissement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le dispositif de refroidissement (26) est fabriqué au moins par sections de manière additive et la section de boîtier (10) est fabriquée au moins par sections d'une autre manière, notamment par enlèvement de copeaux. 15 20
 5. Module de refroidissement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de refroidissement (26) a un tube d'échange de chaleur présentant l'entrée (40) et la sortie (42), qui s'étend en hélice, en méandres ou en ondulation. 25
 6. Module de refroidissement selon la revendication 5, dans lequel des hélices, méandres ou ondulations adjacents du tube d'échange de chaleur sont reliés par au moins une entretoise (50), une nervure, un bossage ou similaire. 30
 7. Module de refroidissement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de refroidissement (26) a des prolongements (54) en forme d'entretoises, de nervures, de bossages ou de corps creux du côté extérieur. 35
 8. Module de refroidissement au moins selon la revendication 5 ou 6, dans lequel des sections d'arc (48) des méandres ou des ondulations agencées de manière distale par rapport à la section de boîtier (10) présentent des hauteurs de crête identiques. 40 45
 9. Module de refroidissement au moins selon la revendication 5, 6 ou 8, dans lequel au moins l'une des sections d'arc des méandres ou des ondulations agencées de manière adjacente à la section de boîtier présente une hauteur de crête inférieure à cet endroit. 50
 10. Module de refroidissement selon la revendication 9, dans lequel l'entrée (40) ou la sortie s'étend entre la section d'arc à hauteur de crête réduite et la section de boîtier (10). 55
 11. Module de refroidissement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de refroidissement (26) est configuré de manière à optimiser l'écoulement au moins du côté intérieur, et/ou dans lequel le dispositif de refroidissement (26) est configuré de manière à optimiser le transfert de chaleur au moins du côté intérieur ou du côté extérieur.
 12. Module de refroidissement selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de refroidissement (26) présente des contredépouilles, notamment pour optimiser l'écoulement et/ou l'échange de chaleur.
 13. Machine hydraulique avec un boîtier (4, 6, 8) avec un espace intérieur de boîtier et un mécanisme d'entraînement (16) monté dans celui-ci de manière à pouvoir tourner autour d'un axe de rotation (18), et avec une fuite de fluide sous pression dans l'espace intérieur de boîtier lors du fonctionnement conforme de la machine hydraulique (2), un module de refroidissement (28), qui est configuré selon l'une quelconque des revendications précédentes, étant immergé avec son dispositif de refroidissement (26) dans l'espace intérieur de boîtier, et l'espace intérieur de boîtier étant délimité par sections par la section de boîtier (10) du module de refroidissement (28).
 14. Groupe hydraulique avec une machine hydraulique (2) selon la revendication 13, dont le boîtier (4, 6, 8) est relié de manière fixe à une machine d'entraînement.
 15. Groupe selon la revendication 14, dans lequel la machine d'entraînement est configurée pour être refroidie par un fluide et un dispositif de refroidissement de la machine d'entraînement et le dispositif de refroidissement du module de refroidissement de la machine hydraulique sont reliés fluidiquement.

Fig. 1

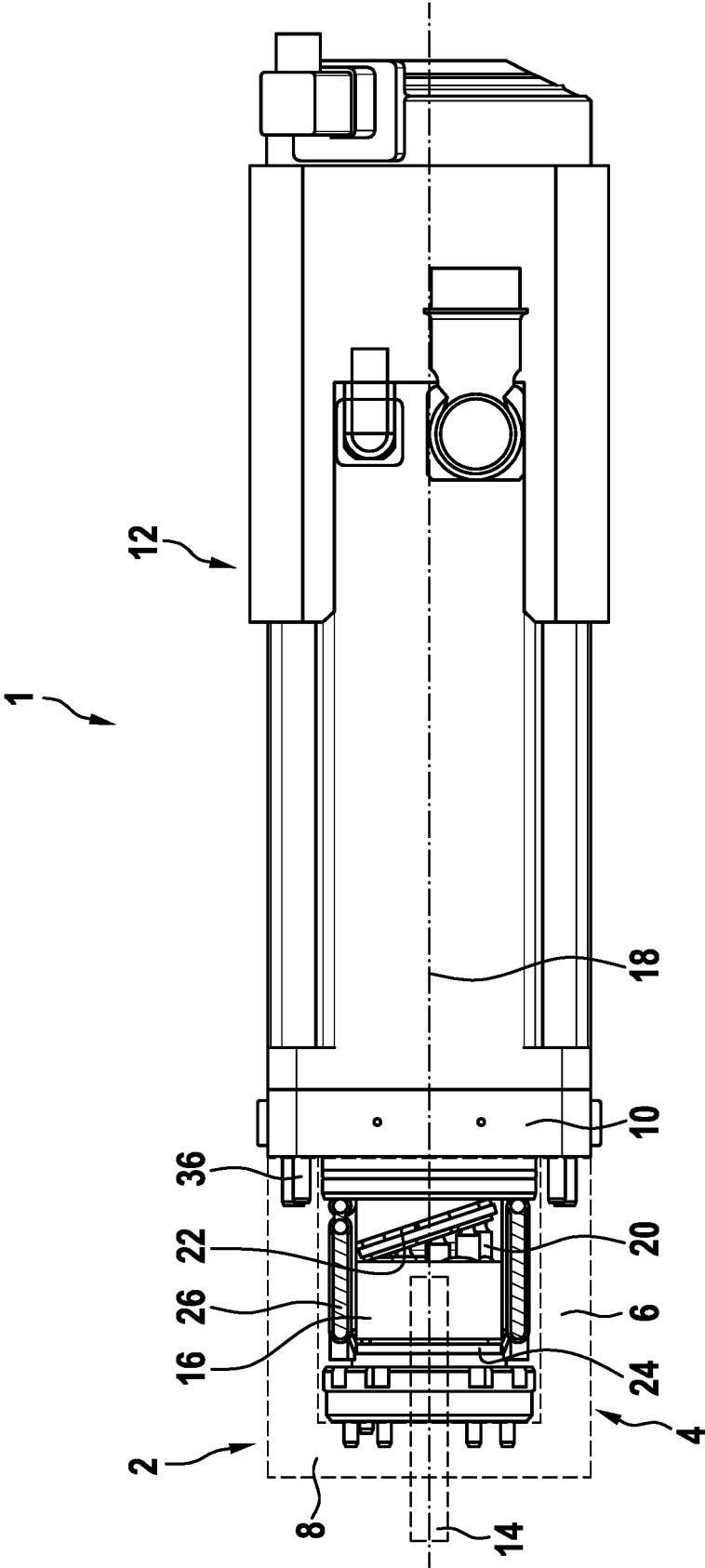


Fig. 2

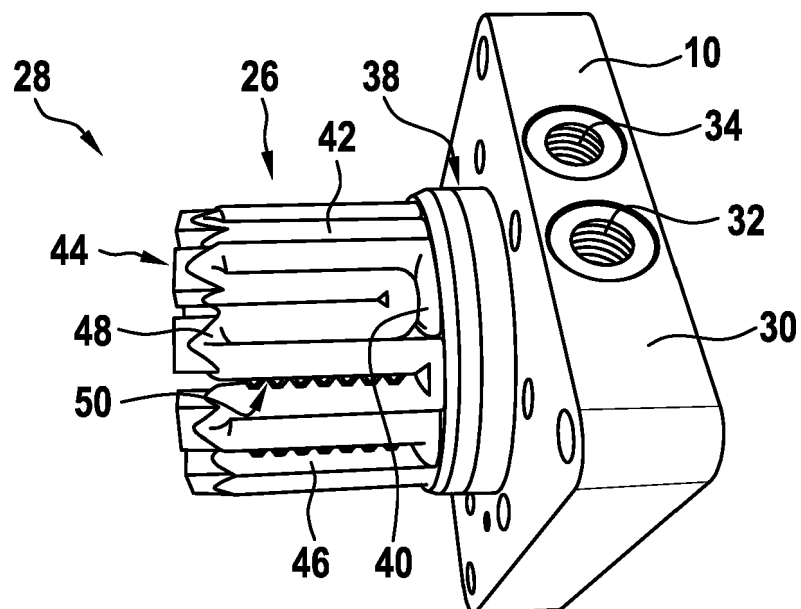


Fig. 3

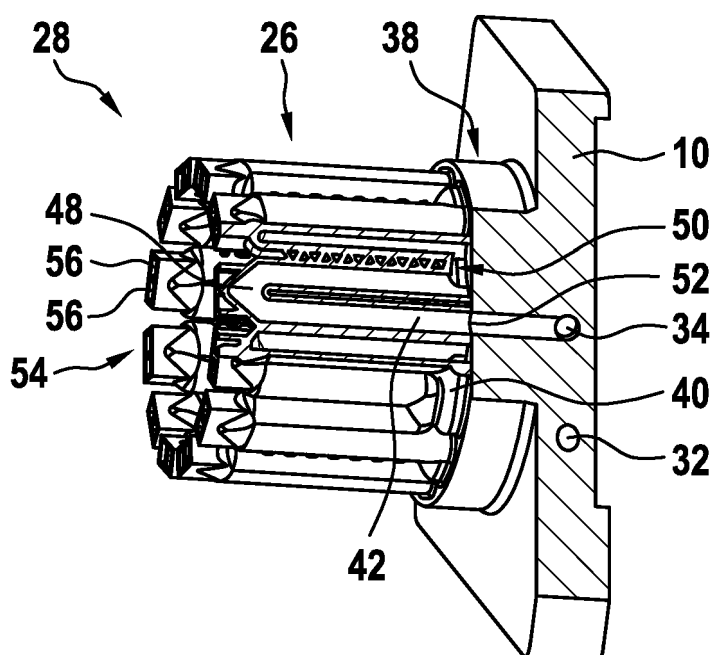


Fig. 4

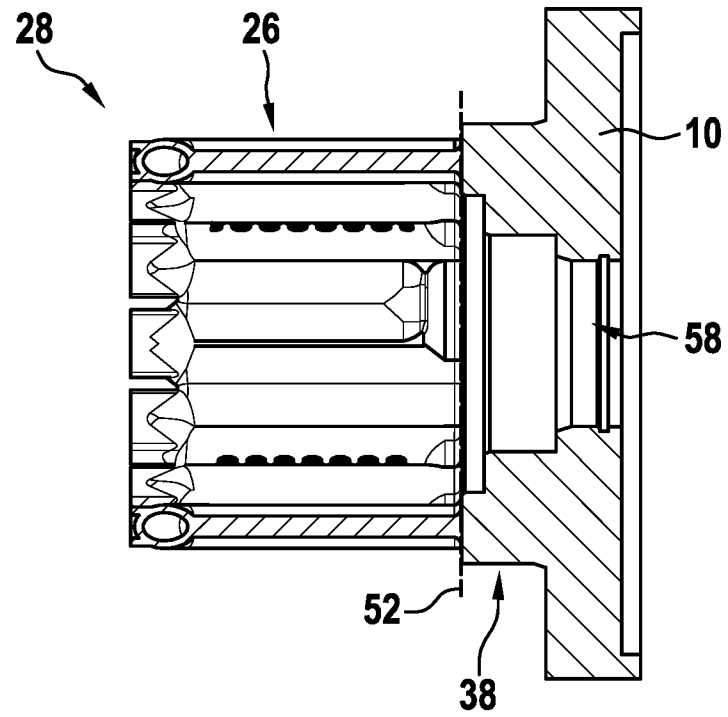
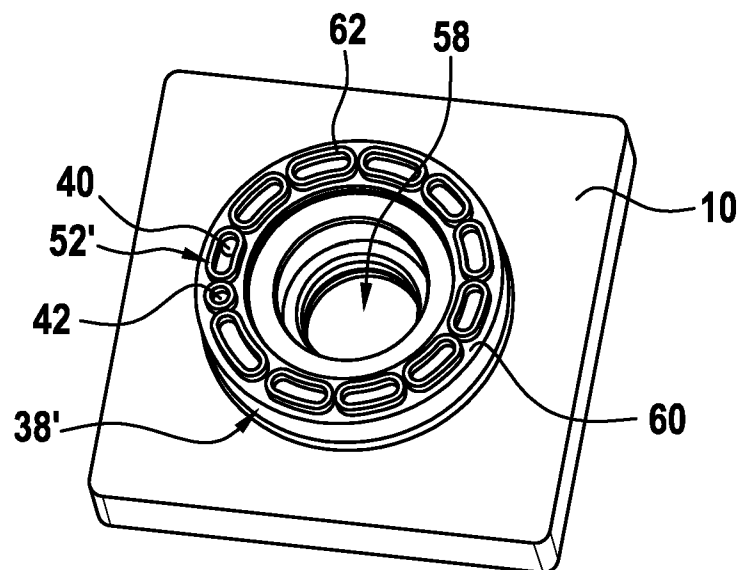


Fig. 5



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

- DE 9411163 U1 **[0004]**
- JP H08226412 B **[0004]**
- DE 2703686 **[0004]**
- CN 106224228 **[0005]**
- DE 102012000986 B3 **[0005]**
- WO 2019211100 A1 **[0006]**
- EP 3643928 A1 **[0006]**
- EP 3737862 A1 **[0007]**