

(19)



(11)

EP 3 368 232 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.01.2022 Patentblatt 2022/02

(51) Int Cl.:
B21H 1/18 (2006.01) **B21H 7/00** (2006.01)
B21K 1/22 (2006.01) **F01L 3/14** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16736838.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/065965

(22) Anmeldetag: **06.07.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/071840 (04.05.2017 Gazette 2017/18)

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINES INNENGEKÜHLTEN VENTILS FÜR VERBRENNUNGSMOTOREN

METHOD AND DEVICE FOR THE PRODUCTION OF AN INTERNALLY COOLED VALVE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE FABRICATION D'UNE SOUPE À REFROIDISSEMENT INTÉRIEUR POUR DES MOTEURS À COMBUSTION

(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: **26.10.2015 DE 102015220891**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.09.2018 Patentblatt 2018/36

(73) Patentinhaber: **Federal-Mogul Valvetrain GmbH**
30890 Barsinghausen (DE)

(72) Erfinder: **KELLERMANN, Stefan**
30890 Barsinghausen (DE)

(74) Vertreter: **Becker & Kurig Partnerschaft**
Patentanwälte PartmbB
Bavariastraße 7
80336 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-C- 671 868 DE-C- 729 839
GB-A- 412 359 GB-A- 452 696
GB-A- 594 439 US-A- 1 950 953
US-A- 2 177 192

EP 3 368 232 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 vorliegende Erfindung betrifft gekühlte Ventile für Verbrennungsmotoren. Speziell betrifft die vorliegende Erfindung ein natriumgekühltes Ein- oder Auslassventil für einen Verbrennungsmotor und insbesondere dessen Herstellungsverfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung des Ventils durch Walzen.

[0002] Innengekühlte bzw. natriumgekühlte Abgasventile sind spätestens seit 1935 bekannt.

[0003] Natriumkühlung und deren Effekte sind im Stand der Technik wohlbekannt und die technischen Weiterentwicklungen der letzten Jahre betrafen hauptsächlich ein vergrößertes Kühlmittelvolumen im Bereich des Ventiltellers und vereinfachte Herstellungsverfahren, um natriumgekühlte Ventile kostengünstiger herstellen zu können.

[0004] Es sind bereits verschiedene Verfahren zum Herstellen von Tellerventilen aus Rohr- oder Sackrohförmigen Formteilen bekannt. Ein beispielhaftes Verfahren ist in der Britischen Patentschrift GB452696A, welche den nächstliegenden Stand der Technik bezüglich des Verfahrens nach Anspruch 1 darstellt, bekannt, wobei dort offenbar ist wie aus einer Hülse ein Teller Ventil mit einem hohlen Ventilkopf mittels Formwalzen und Pressen gefertigt werden kann. Das Dokument GB412359A offenbart ebenfalls ein Verfahren in dem aus einem Formling mittels Ausdrehen, Formwalzen und Ausbohren ein innengekühltes Ventil hergestellt werden kann. Aus dem Patentedokument US1950953A ist ein Teller Ventil bekannt, das durch Schmieden und Walzen hergestellt werden kann, und das von Innen durch eine Wasserkühlung gekühlt werden kann.

[0005] Es besteht jedoch immer noch ein Bedarf für eine kostengünstige und schnelle Herstellung von innengekühlten Ventilen sowie für eine Verbesserung der Kühleigenschaften von bestehenden Einlass- bzw. Auslassventilen. Es besteht zudem ein Bedarf, ein maximal gekühltes Hohlraumventil zur Verfügung zu haben, das auch bei höchstmöglichen Abgastemperaturen noch sicher funktioniert. Es ist weiter beabsichtigt, die Anzahl der Bauteile sowie der Fügestellen von innengekühlten Ventilen aus Stabilitäts- und Kostengründen zu verringern.

[0006] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zu Herstellung eines innengekühlten Einlass- bzw. Auslassventils für Verbrennungsmotoren bereitgestellt, das die Merkmale des Anspruchs 1 umfasst. Die vorliegende Erfindung stellt weiter eine Vorrichtung zur Herstellung eines innengekühlten Einlass- bzw. Auslassventils für Verbrennungsmotoren mit den Merkmalen des Anspruchs 12 bereit. Bevorzugte Ausführungen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben. Das Verfahren basiert anstelle von bekannten spanabhebenden Verfahren auf einer Umformung eines Werkstücks bzw. Halbzeugs, bzw. Halbfabrikats oder Halbfertigprodukts basiert. Das Verfahren umfasst ein Bereitstellen eines Werkstücks, das einen Schaft und ein

zylindrisches Loch umfasst, das von einem Ventilschaftende in Axialrichtung verläuft. Das Ventilschaftende des Werkstücks bildet später den Teil, der sich am Ventilschaftende des fertigen Ventils befindet. Das Ventilschaftende wird durch Formwalzen des Schaftes auf einen kleineren Durchmesser umgeformt, wobei ein Durchmesser des zylindrischen Lochs verringert wird, wobei das Loch bestehen bleibt. Das Loch bildet später den Hohlraum für ein Kühlmittel, das sich in dem Hohlraum bewegen kann, um Wärme von einem ungekühlten Ventilteller in Richtung eines gekühlten Ventilschaftes zu transportieren. Das Verfahren umfasst weiter ein Umformen eines Abschnitts des Werkstückes, das an einem Ventilschaft anschließt, durch Formwalzen zu einem Ventilkopf. Auch der Ventilkopf wird dabei durch Formwalzen umgeformt. In dieser grundlegenden Ausführung des Verfahrens wird zumindest der Ventilschaft mit einer darin befindlichen Bohrung auf einen kleineren Durchmesser gewalzt. Das Verfahren kann auch auf rohrförmige Werkstücke angewendet werden, um den Schaft und den oberen Teil eines Ventiltellers herzustellen, wobei ein unterer Teil eines Ventiltellers durch einen Deckel gebildet werden kann, der mit dem oberen Teil des Ventiltellers verbunden wird.

[0007] Das Verfahren basiert in einer grundlegenden Ausführung auf dem Umformen eines Werkstücks, das einen zylindrischen Schaft und ein darin befindliches zylindrisches Loch umfasst, das von einem Ventilschaftende in Axialrichtung verläuft. Das Ventilschaftende wird durch Formwalzen des zylindrischen Schaftes auf einen kleineren Durchmesser umgeformt, wobei ein Durchmesser des zylindrischen Lochs verringert wird, wobei das zylindrische Loch bestehen bleibt, jedoch seine zylindrische Form verlieren kann, da das Werkstück im Bereich des Ventiltellers weniger stark umgeformt wird als im Bereich des Ventilschaftendes. Das anfangs zylindrische Loch bildet später den Hohlraum für ein Kühlmittel.

[0008] Im gesamten Text wird der Begriff "Werkstück" in den Bedeutungen von Werkstück, Halbfabrikat, Halbfertigprodukt und Halbzeug verwendet, um eine unnötige Wiederholung der entsprechenden Begriffe zu vermeiden, und den Text nicht unnötig zu verlängern. Die Begriffe "Werkstück", "Halbfabrikat", "Halbfertigprodukt" und "Halbzeug" werden hier synonym verwendet.

[0009] Das Verfahren umfasst eine Durchmesserverringerung des Schaftes sowie der darin befindlichen Bohrung sowie ein Formen zumindest der Rückseite des Ventiltellers durch Formwalzen. In der grundlegenden Ausführung des Verfahrens ist die Art der Bildung der Ventiltellerfläche noch nicht berücksichtigt.

[0010] Bei einer beispielhaften Ausführungsform des Verfahrens umfasst das Werkstück vor dem Formwalzen einen Durchmesser von mindestens dem des Ventiltellers des fertigen Ventils, und das Verfahren umfasst weiter ein Formwalzen eines Übergangs zwischen dem Ventilkopf und dem Ventilschaft zu einer Hohlkehle. Dadurch wird die Rückseite des Ventiltellers durch Formwalzen hergestellt. Es ist ebenfalls vorgesehen, die Fase für den

Ventilsitz und/oder den Tellerrand durch Formwalzen zu erzeugen.

[0011] Bei einer weiteren beispielhaften Ausführungsform des Verfahrens ist das Werkstück becherförmig. Das becherförmige Werkstück weist an einem Boden des Werkstücks einen Durchmesser auf, der mindestens dem des Ventiltellers entspricht. Das zylindrische Loch ist als Sackloch bzw. Blindloch ausgeführt, das von einem Ventilschaftende in Richtung des Bodens des becherförmigen Werkstücks verläuft, wobei das Formwalzen ein Umformen des Schaftes und ein Formen des Ventilkopfes mit mindestens der Ventiltelleroberseite umfasst. Bei dieser Ausführung des Verfahrens soll insbesondere auch die Fase des Ventilsitzes und ein Ventilrand durch Formwalzen hergestellt werden. Der Boden des Werkstücks bildet die Ventiltellerfläche und kann bereits vor dem Formwalzen in ihre endgültige Form gebracht werden. Es ist jedoch ebenfalls möglich, einen Achsstumpf an der Ventiltellerfläche vorzusehen, um das Ventil während dem Walzen besser führen zu können.

[0012] Bei einer weiteren beispielhaften Ausführungsform des Verfahrens zum Herstellen eines innengekühlten Ventils für Verbrennungsmotoren, weist eine äußere Bodenfläche des Werkstück bereits die Form des Ventiltellers auf. Mit einem derartigen Werkstück muss lediglich die Ventiltellerrückseite und nicht die Ventiltellerfläche durch Walzen bearbeitet werden.

[0013] Bei einer zusätzlichen beispielhaften Ausführungsform des Verfahrens zum Herstellen eines innengekühlten Ventils für Verbrennungsmotoren ist das Werkstück becherförmig und weist an einem Boden einen größeren Durchmesser auf, als im Bereich des zylindrischen Schaftes. Dadurch kann ein dünnerer Schaft des Werkstücks verwendet werden, was eine einfachere Bearbeitung durch das Formwalzen ermöglicht. Dabei muss der Schaft nicht von einem Ventiltellerdurchmesser bis auf den Ventilschaftdurchmesser gewalzt werden, sondern es können kleinere Umformungen ausreichen, um das Ventil mit Hohlraum im Ventilteller herstellen zu können.

[0014] Bei einer weiteren beispielhaften Ausführungsform des Verfahrens zum Herstellen eines innengekühlten Ventils wird das Werkstück durch Führungen zwischen den Walzen gehalten. Die Führungen können einzelne Rollen umfassen, die gegen eine Außenfläche des Ventilschafts oder des Ventiltellers anliegen. Es ist ebenfalls vorgesehen Führungen zu verwenden, die durch Gleitreibung mit einer äußeren Umfangsfläche des Ventils bzw. des Werkstücks in Kontakt stehen und das Ventil bzw. das Werkstück zwischen den Walzen zentriert hält. Die Rollen bzw. die Gleitstücke können nachgeführt werden, um die Achse des Ventils bzw. Werkstücks in der Ebene bzw. Fläche zu halten, die von den beiden Achsen der Walzen aufgespannt wird.

[0015] Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens zum Herstellen eines innengekühlten Ventils für Verbrennungsmotoren schließt ein Warmwalzen des Werkstücks ein. Das Verfahren kann ebenfalls ein Heizen des

Werkstücks durch Heizvorrichtungen, wie Induktionsheizer oder Gasbrenner einschließen, um eine Umkristallisation des Werkstoffs, des Werkstücks zu ermöglichen und Effekten einer Kaltverfestigung entgegenzuwirken.

[0016] Bei einer zusätzlichen beispielhaften Ausführung des Verfahrens zum Herstellen eines innengekühlten Ventils für Verbrennungsmotoren, umfasst dieses weiter ein Bewegen des Werkstücks in Axialrichtung in Richtung des Schaftendes während dem Walzen. So kann immer nur ein Teil des Schaftes auf einen geringeren Durchmesser gewalzt werden, was die mechanische Belastung der Walzen und der Walzvorrichtung erheblich verringern sollte.

[0017] Eine weitere beispielhafte Ausführungsform des Verfahrens zum Herstellen eines innengekühlten Ventils für Verbrennungsmotoren, umfasst weiter ein Drehen des Werkstücks während dem Walzen. Dies betrifft nicht eine spanende Bearbeitung auf einer Drehbank, sondern ein Antreiben des Werkstücks während des Walzvorgangs. Dieser Schritt kann vorteilhaft sein, wenn durch das Formdrehen jeweils Abschnitte mit unterschiedlichen Radien einen unterschiedlichen Schlupf zwischen Werkstück bzw. Ventil und den Walzen erforderlich machen. Durch ein antreiben bzw. aktives drehen des Werkstücks kann eingestellt werden, welcher Schlupf an welchen Durchmessern bzw. Radien entsteht und welche Radien während des Formwalzens schlupffrei gewalzt werden.

[0018] Es kann zudem vorgesehen sein, den Außendurchmesser des Schaftes durch Drehen zu verringern, nachdem ein gewünschter Innendurchmesser durch Walzen erreicht wurde. Das Walzen dient in diesem Fall lediglich dazu, den Innendurchmesser des Hohlraums innerhalb des Ventilschafts zu erreichen. Die Wandstärke des Materials kann dabei höher gewählt werden als es der Walzprozess alleine erfordern würde.

[0019] Das Verfahren basiert in einer grundlegenden Ausführung auf dem Umformen eines Werkstücks, das einen zylindrischen Schaft und ein darin befindliches zylindrisches Loch umfasst, das von einem Ventilschaftende in Axialrichtung verläuft. Das Ventilschaftende wird durch Formwalzen des zylindrischen Schaftes auf einen kleineren Durchmesser umgeformt, wobei ein Durchmesser des zylindrischen Lochs verringert wird, wobei das Loch bestehen bleibt, jedoch seine zylindrische Form verlieren kann, da das Werkstück im Bereich des Ventiltellers weniger stark umgeformt wird als im Bereich des Ventilschaftendes. Das anfangs zylindrische Loch bildet später den Hohlraum für ein Kühlmittel. Der Hohlraum für das Kühlmittel weist dabei im Bereich des Ventiltellers einen größeren Durchmesser auf wodurch die Wärmeübertragung von dem Ventilteller auf das Kühlmittel deutlich verbessert werden kann.

[0020] Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils für Verbrennungsmotoren aus einem Werkstück, bzw. Halbfabrikat, bzw. Halbfertigprodukt, bzw. Halbzeug bereitgestellt. Die Vorrichtung

umfasst ein Walzwerk zum Rundquerwalzen oder zum Schrägwalzen, wobei mindestens zwei Walzen das Profil eines Auslassventils aufweisen. Die Walzen umfassen dabei mindestens Oberflächen um einen Schaft und die Rückseite eines Ventiltellers durch Formwalzen umzuformen. Die Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils umfasst damit Formwalzen, die aus einem Werkstück einen Ventilschaft und eine Ventilteller-rückseite walzen können. Insbesondere ist das Walzwerk dazu ausgelegt, ein hohles Werkstück zu verarbeiten und so einen Hohlraum in einem innengekühlten Ventil herzustellen. Das Walzwerk soll dabei ein, im wesentlichen zylindrisches Loch bzw. Sackloch so umformen, dass ein möglichst großer Hohlraum eines innengekühlten Ein- bzw. Auslassventils erreicht werden kann. Die Vorrichtung umfasst in einer Ausführungsform dabei lediglich Walzen, wobei zusätzliche Führungswalzen vorgesehen sein können, um das Werkstück zwischen den Walzen zu führen. Durch den großen Durchmesserunterschied zwischen dem Ventilschaft und dem Ventiltellerdurchmesser ist es nicht möglich das Ventil mit einer Walzvorrichtung zu walzen, die drei zusammenwirkende Walzen umfasst.

[0021] In einer beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils, umfasst diese weiter einen Dorn, der in ein Loch eines Werkstücks eingeführt werden kann, um das Werkstück beim Walzen zu führen. Der Dorn kann einerseits als Führung dienen und kann andererseits als Lehre dienen um anzuzeigen wann ein Innendurchmesser eines gewalzten Werkstücks einen vorgegebenen Durchmesser erreicht hat.

[0022] In einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils, umfasst diese weiter mindestens eine Führung, um das Werkstück zwischen den Walzen zu halten und zu führen, wobei die mindestens eine Führung ein Gleitelement und/oder ein oder mehrere Rollen umfassen, die an einer Außenfläche des Werkstücks anliegen. Diese Führungen halten den Schaft und/oder den Teller zwischen den Walzen, um eine maximale Walzkraft auf das Werkstück ausüben zu können.

[0023] Bei einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils, umfasst die mindestens eine Führung mehrere Rollen, mindestens ein Gleitelement die bzw. das jeweils auf eine Außenfläche des Werkstücks anliegen und/oder einen Dorn, der sich in die Bohrung des Werkstücks erstreckt. Damit kann dem Werkstück ein definierter Innendurchmesser im Bereich des Schaftes verliehen werden. Weiterhin kann ein eventuell geschmierter oder mit Trennmittel versehener Dorn ebenfalls dazu genutzt werden, eine Verringerung der Dicke der Wandstärke des Ventilschafts unter einer Verlängerung des Ventilschafts zu erreichen. Ein polierter Dorn kann nach dem Walzen wieder aus dem Hohlraum herausgezogen werden. Der Dorn kann ebenfalls konisch ausgeführt werden, um ein Herausziehen des Dorns zu vereinfachen.

[0024] Bei einer beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils, umfasst die mindestens eine Führung ein Gleitelement oder eine oder mehrere Rollen, die an einer Außenfläche des Werkstücks anliegen. Das Gleitelement kann von außen geschmiert sein, um eine Reibung und einen Verschleiß des Gleitelements zu verringern. Weiterhin können die mehreren Rollen der Kontur des Ventils angepasst sein, um beim Walzen einen gleichmäßigen Druck auf das Werkstück auszuüben. Die Führungen können auf beiden Seiten oder nur auf einer Seite des Werkstücks angeordnet sein. Die einzelnen Rollen der mindestens einen Führung können zudem in Axialrichtung verschiebbar angeordnet sein, um ein Einwalzen der Rollen in dem Schaft zu vermeiden. Das Gleitelement kann eine Kontur aufweisen, die der bzw. dem Negativ der Kontur des Ventils entspricht, um eine möglichst gleichmäßige Kraftübertragung auf das Werkstück zu ermöglichen.

[0025] Bei einer anderen beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils, umfasst diese mindestens einen Kraftaufnehmer, an der mindestens eine Führung sowie einzeln angetriebene Walzen und eine Steuerung welche die Drehzahl der Walzen so steuert, dass die Kraft auf die Führungen minimiert wird. Das Werkstück wird hierbei durch eine differenzielle Ansteuerung der Walzen in der Mitte zwischen den beiden Walzen gehalten, sodass die Belastung und der Verschleiß der Führungen minimiert werden kann. Durch eine entsprechende Steuerung kann ebenfalls die Standzeit der Walzvorrichtung erhöht werden, da die Intervalle in denen die Führungen ausgetauscht werden müssen, verlängert werden können.

[0026] Bei einer zusätzlichen beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils, umfasst die mindestens eine Führung mehrere Rollen, mindestens ein Gleitelement die bzw. das jeweils auf eine Außenfläche des Werkstücks anliegen und/oder einen Dorn, der sich in die Bohrung des Werkstücks erstreckt.

[0027] Bei einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils sind die Achsen der Walzen windschief in einem Winkel von 1° bis 12°, bevorzugt von 2° bis 10° und weiter bevorzugt von 3° bis 8° zueinander angeordnet. Diese Ausführung betrifft ein Schrägwalzverfahren, bei dem die Walzen zueinander in einem Abstand und nicht parallel angeordnet sind. Je nach Walzrichtung und der Lage des Abstandes der Walzen kann ein Werkstück beim Walzen in Axialrichtung gefördert werden. Dieser Effekt ist besonders stark ausgeprägt, wenn sich der (geringste) Abstand der Achsen der Walzen nahe einem Ende der Walzen befindet. In dieser Konfiguration wurde noch nicht definiert wie die Achse des Werkstücks ausgerichtet ist. Es ist möglich eine Achse des Werkstücks zu verwenden, die parallel zu einer Achse der Walzen verläuft. In diesem Fall wird das Werkstück an einer Walze anliegend gewalzt, während die andere Walze entwe-

der nur mit einem Teil der Oberfläche des Werkstücks in Kontakt steht, oder eine Oberfläche aufweist, der es gestattet, die gesamte Oberfläche gleichzeitig zu walzen.

[0028] Bei der Vorrichtung zum Herstellen eines innen-gekühlten Ventils, ist erfindungsgemäß die Achse des Werkstücks und jeweils die Achsen der Walzen windschief in einem Winkel von $0,5^\circ$ bis 6° , bevorzugt von 1° bis 5° und weiter bevorzugt von $1,5^\circ$ bis 4° , zueinander angeordnet. In diesem Fall ist die Walzvorrichtung eine sogenannte Schrägwalzvorrichtung. Beim Schrägwalzen sind die Walzenachsen gekreuzt, bzw. windschief zueinander angeordnet. Dadurch entsteht ein Längsvorschub in dem um seine Längsachse rotierenden Werkstück. Das Werkstück wird im Walzspalt durch Stützlineale oder Führungswalzen gehalten. Das Walzenkaliber kann so gestaltet sein, dass sich der Walzspalt verengt. Schrägwalzen können ebenfalls mit entsprechend geformten Walzen durchgeführt werden, sodass insgesamt ein Walzspalt mit konstantem Abstand entsteht. Im vorliegenden Fall, weist der Walzspalt jedoch idealerweise die Kontur eines Einlass- oder Auslassventils auf.

[0029] Bei der Vorrichtung zum Herstellen eines innen-gekühlten Ventils, weist erfindungsgemäß mindestens eine der Walzen, bevorzugt beide Walzen, eine hyperboloide bzw. rotationshyperboloide Außenfläche auf. Der Ausdruck hyperboloide bzw. Rotationshyperboloide Außenfläche betrifft hier mangels einer passenderen Bezeichnung eine hyperboloide Form, die nicht aus Geraden oder Strecken, sondern aus den Profillinien eines Ein- bzw. Auslassventils, insbesondere des Schaftes und der Rückseite des Ventiltellers gebildet ist. Der Ausdruck Hyperboloid betrifft hier ein einschaliges Hyperboloid, dass die bekannte taillierte Form aufweist und senkrecht zu der Rotationssymmetrieachse geschnitten kreise bildet. Der Grad der Windschiefheit der Formen, die das Rotationshyperboloid erzeugen, soll dabei genau der jeweiligen Windschiefheit der Achsen des Werkstücks und der Walze entsprechen, da unter diesen Bedingungen (bei geraden erzeugenden des Hyperboloids) ein zylindrisches Werkstück gewalzt werden kann. Wenn die hyperboloide Walze mit den Profilen eines Ventilschafts/Tellers erzeugt wird, ergeben sich taillierte Walzen die beim Schrägwalzen ein Ventil mit einem geraden Ventilschaft erzeugen können. Diese Ausführung erfordert die größten Kosten für die Produktionsmittel, lässt aber momentan die besten Ergebnisse erwarten.

[0030] Bei einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innen-gekühlten Ventils, umfasst die Vorrichtung weiter eine Axialführung oder ein Spannfutter, um das Werkstück von der Tellerseite aus zu führen bzw. zu halten. Mit der Axialführung kann das Werkstück in Axialrichtung gegen die Walzen gepresst werden, um so die Hohlkehlen der Rückseite des Ventiltellers formen zu können. In einer grundlegenden Ausführung verhindert die Axialführung lediglich, dass sich das Werkstück beim Walzen in Richtung des Ventiltellers axial aus den Walzen bewegt. Wenn ein Spannfutter verwendet wird, muss das Werk-

stück noch einen Ansatz aufweisen, an dem das Spannfutter das Werkstück greifen kann. Die Axialführung stellt eine erhöhte Prozesssicherheit beim Umformen des Ventiltellerrückens bereit.

[0031] Bei einer zusätzlichen beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innen-gekühlten Ventils, umfasst die Vorrichtung weiter einen Aktuator, der das Werkstück von dem Boden aus in Richtung des Ventilschaftendes axial bewegen kann. Dieser Aktuator kann direkt auf die oben genannte Axialführung oder das Spannfutter wirken. Durch den Aktuator kann der Ventilschaft langsam vom Ventilschaftende in Richtung Ventilteller gewalzt werden, was die Belastung der Walzen erheblich verringern kann. Es ist ebenfalls möglich den Prozess des Umformens der Ventiltellerrückseite genauer zu überwachen und zu auszuführen.

[0032] Bei einer anderen beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innen-gekühlten Ventils, umfasst die Vorrichtung weiter einen Antrieb, der das Werkstück während des Walzens mit einer bestimmten und möglicherweise variablen Umdrehungszahl dreht. Durch den großen Durchmesserunterschied zwischen Ventilschaft und Ventilteller entstehen beim Walzen starke Torsionskräfte, die das Werkstück während des Umformens zerstören können. Es ist daher eventuell notwendig, beim Formdrehen jeweils Abschnitte mit unterschiedlichen Radien einen unterschiedlichen Schlupf zwischen Werkstück bzw. Ventil und den Walzen zu ermöglichen. Dies kann hier durch antreiben bzw. aktives Drehen des Werkstücks, besonders des Ventiltellers erreicht werden, um die Torsionskräfte des Werkstücks, insbesondere am Übergang zwischen Ventilteller und Ventilschaft, so gering wie möglich zu halten. Die Walzvorrichtung kann zudem mit einer Schmierung ausgestattet sein, um den Verschleiß der Walzen, in mit Schlupf belegten Abschnitten, so gering wie möglich zu halten.

[0033] Bei einer anderen beispielhaften Ausführungsform der Vorrichtung zum Herstellen eines innen-gekühlten Ventils, umfasst die Vorrichtung weiter ein Heizelement, um das Werkstück beim Walzen zu erwärmen. Somit kann ein relativ kleines Werkstück auch mit relativ großen Walzen warmgewalzt werden, ohne dass eine zu starke Abkühlung des Werkstücks beim Walzen zu befürchten wäre.

[0034] Zusätzlich kann während der Umformung durch induktive oder autogene Erwärmung, bzw. Gasheizung, weitere Energie in das Werkstück eingebracht werden.

[0035] Die Erfindung betrifft ein Verfahren, bei dem, ausgehend von einem rohr- oder becherförmigen Werkstück, durch Warmwalzen ein hohles Ventilkopfstück und ein hohler Ventilschaft erzeugt werden. Das erzeugte Ventil kann, wenn von einem becherförmigen Werkstück ausgegangen wird, ohne Fügestelle hergestellt werden. Das erzeugte Ventil kann im Bereich des Ventiltellers einen vergrößerten Hohlraum aufweisen, um ein erhöhtes Natriumvolumen in dem Ventil als Kühlmittel unterzubringen. Eine Besonderheit umfasst das Umformen

durch zwei Walzen und eine Führung, wobei mindestens eine Walze in einem Winkel gegenüber der Werkstückachse und der zweiten Achse angeordnet ist. Die Walzen haben dabei auch an der, dem Werkstückachse zugewandten Stirnseite, jeweils eine Negativform oder Hohlkehlengeometrie des Ventilkopfhohlraums.

[0036] Beide Walzen können sich während der Umformung aufeinander zu bewegen, wobei auch eine Walze starr in Position gehalten werden kann und nur die andere Walze (und das Werkstück) bewegt werden kann. Das Werkstück kann dabei während der Umformung auf einer Unterlage bzw. einer Führung aufliegen und wird durch die Bewegung der Walzen gegen die Führung gedrückt und dabei rotiert. Zusätzlich kann das Werkstück auch axial gegen die Walzen bewegt werden, wobei die Negativform an den Stirnseiten der Walzen, die Hohlkehlengeometrie des Ventilkopfhohlraums formt. Die Position einer Mittelachse des Werkstücks kann sich dabei unterhalb der Mittelachsen der Walzen befinden. Die Führung kann, zur Verringerung der Reibung am Werkstück, eine Lagerung mittels Rollen aufweisen.

[0037] Bei der Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils, weist erfindungsgemäß mindestens eine der Walzen eine Oberflächenstruktur auf, die einen Transport des Materials des Werkstücks in Axialrichtung bewirkt. In dieser Ausführungsform, ist mindestens auf einer Oberfläche einer der Walzen, ein feines Gewinde oder eine andere raue Oberflächenstruktur angebracht. Das Gewinde oder die raue Oberflächenstruktur kann, oder soll sich primär auf der geneigten Achse befinden. Die Walzen können dabei aus einer Metallegierung oder einem keramischen Verbundwerkstoff hergestellt sein oder jeweils diesen umfassen.

[0038] Durch den Winkel der Walze(n) zum Werkstück sowie durch das Gewinde oder der rauen Oberflächenstruktur auf mindestens einer der Walzen, wird eine zentrale Zugkraft auf das Werkstück ausgeübt, wodurch auch eine Verlängerung des Rohlings zusätzlich zur Durchmesserreduzierung erreicht werden kann.

[0039] Es wird ein innengekühltes Ventil für Verbrennungsmotoren bereitgestellt, das mit einem der vorstehend beschriebenen Verfahren oder mit einer der vorstehend beschriebenen Vorrichtung umgeformt bzw. hergestellt wurde. Das Ventil ist dabei dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück vor dem Umformen einen Schaft und ebenfalls ein zylindrisches Loch umfasst, das von einem Ventilschaftende in Axialrichtung verläuft. Mindestens der Schaft des Ventils wurde dabei durch Formwalzen des Schaftes auf einen kleineren Durchmesser umgeformt, wobei das Loch erhalten bleibt und wobei das Werkstück vor dem Formwalzen einen Durchmesser von mindestens dem des späteren Ventiltellers umfasst und dass ein Ventilkopf mit einer Hohlkehle durch Formwalzen hergestellt ist.

[0040] Das Ventil wird in einer grundlegenden Ausführung aus einem Werkstück umgeformt, das einen zylindrischen Schaft und ein darin befindliches zylindrisches Loch umfasst, das von einem Ventilschaftende in Axial-

richtung verläuft. Das Ventilschaftende wurde durch Formwalzen des zylindrischen Schaftes auf einen kleineren Durchmesser umgeformt, wobei ein Durchmesser des zylindrischen Lochs verringert wird, wobei das zylindrische Loch als Loch bestehen bleibt, jedoch seine zylindrische Form verlieren kann, da das Werkstück im Bereich des Ventiltellers weniger stark umgeformt wird, als im Bereich des Ventilschaftendes. Das anfangs zylindrische Loch bildet später den Hohlraum für ein Kühlmittel. Durch eine ungleichmäßige Umformung kann so im Bereich des Ventiltellers ein Hohlraum mit größerem Durchmesser und damit mit einer größeren Oberfläche erzeugt werden, was eine Wärmeübertragung zwischen Ventilteller und Kühlmittel deutlich verbessert.

[0041] Das Ventil ist also ein innengekühltes Ventil, und der Schaft und zumindest die Rückseite des Ventiltellers, wurden zumindest teilweise durch Umformen hergestellt. Dabei können noch weitere spanende Bearbeitungsschritte folgen, um gewünschte Oberflächeneigenschaften des Schaftes und oder der Ventiltellerrückseite zu erreichen. In einer grundlegenden Ausführung kann das Ventil auch aus einem rohrförmigen Werkstück umgeformt werden, wobei eine Öffnung an dem Ventilteller später durch einen Deckel verschlossen werden kann.

[0042] Bei einer anderen beispielhaften Ausführungsform des innengekühlten Ventils ist das Werkstück becherförmig, wobei das becherförmige Werkstück an einem Boden des Werkstücks einen Durchmesser aufweist, der mindestens dem des Ventiltellers entspricht, wobei das zylindrische Loch ein Sackloch ist, das von einem Ventilschaftende in Richtung des Bodens des becherförmigen Werkstücks verläuft. In dieser Ausführungsform kann im Bereich des Ventiltellers ein größerer Hohlraum erzeugt werden, als es bisher bei einem einteiligen Ventil möglich ist.

[0043] Bei einer weiteren beispielhaften Ausführungsform des innengekühlten Ventils ist das Werkstück becherförmig und das becherförmige Werkstück weist an einem Boden des Werkstücks einen größeren Durchmesser auf, als im Bereich des zylindrischen Schaftes. Hier soll der Innendurchmesser des Sacklochs im Wesentlichen den Durchmesser des Hohlraums im Bereich des Ventiltellers bestimmen. Durch den geringeren Durchmesser des zylindrischen Schaftes, kann die Umformarbeit und damit die Verweilzeit des Werkstücks in der Walzvorrichtung verringert werden. Weiterhin kann die Wandstärke des zylindrischen Schaftes erhöht werden, was sich wiederum positiv auf den Umformvorgang auswirken wird.

[0044] Bei einer weiteren beispielhaften Ausführungsform des innengekühlten Ventils, bildet das zylindrische Loch nach dem Umformen einen Hohlraum, der innerhalb des Ventilschaftes und des Ventiltellers verläuft und der teilweise mit Natrium gefüllt und verschlossen ist.

[0045] Bei einer weiteren anderen beispielhaften Ausführungsform des innengekühlten Ventils, wurde dies aus einem Werkstück mit einem nicht-zylindrischen Schaft mit einer Außenkontur und mit einem zylindri-

schen Loch hergestellt. Durch einen Umformvorgang des Ventilschaftendes durch Formwalzen zu einem im Wesentlichen zylindrischen Ventilschaft, wird die Außenkontur zumindest teilweise, auf das nach dem Umformen nicht-zylindrische Loch übertragen. Das nicht-zylindrische Loch weist nach dem Umformen eine Innenkontur auf, die der Außenkontur entspricht. Dies kann mit oder ohne eine Verlängerung des Schaftes während des Walzens erreicht werden. Die Abmessungen der Außenkontur, die notwendig sind, um eine gewünschte Innenkontur zu erreichen, lassen sich relativ einfach durch Versuche ermitteln.

[0046] Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand von Darstellungen beispielhafter Ausführungsformen näher verdeutlicht. Die Figuren stellen lediglich schematische Darstellungen dar.

Figuren 1A bis 1D stellen eine Ausführungsform einer Vorrichtung des Standes der Technik zur Herstellung eines innengekühltes Ventils, aus einem rohrförmigen Werkstück und dem zugehörigen Herstellungsverfahren, dar.

Figuren 2A bis 2C zeigen eine weitere Ausführungsform einer Vorrichtung des Standes der Technik zur Herstellung eines innengekühltes Ventils, aus einem becherförmigen Werkstück und dem zugehörigen Verfahren.

Figuren 3A bis 3C stellen eine andere Ausführungsform einer Vorrichtung des Standes der Technik zur Herstellung eines innengekühltes Ventils, aus einem kurzen becherförmigen Werkstück und dem zugehörigen Verfahren, dar.

Figuren 4A bis 4B zeigen eine zusätzliche Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Herstellung eines innengekühltes Ventils, aus einem kurzen becherförmigen Werkstück durch Schrägwalzen.

Figuren 5A und 5B stellen eine weitere zusätzliche Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Herstellung eines innengekühltes Ventils, aus einem kurzen becherförmigen Werkstück und dem zugehörigen Verfahren, dar.

Figuren 6A und 6C stellen eine weitere zusätzliche Ausführungsform eines Werkstücks und eines innengekühltes Ventils dar.

[0047] Sowohl in der Beschreibung als auch in den Figuren werden gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, um auf gleiche oder ähnliche Komponenten und Elemente Bezug zu nehmen. Um unnötige Längen in der Beschreibung zu vermeiden, werden Elemente die bereits in einer Figur beschrieben wurden, in weiteren Figuren nicht gesondert erwähnt.

[0048] Um die Zeichnungen nicht unnötig kompliziert zu gestalten, wurde darauf verzichtet die Teile der Walzvorrichtung darzustellen, die die Walzen tragen, lagern, antreiben oder senkrecht zu einer Walzenachse, oder in Richtung einer Werkstückachse zu bewegen. Es wurde ebenfalls darauf verzichtet, eine Lagerung oder Aufhängung von Führungen und Axialführungen darzustellen.

[0049] Figur 1A zeigt eine Walzvorrichtung des Standes der Technik mit zwei Formwalzen 42. Die Formwalzen sind mit Achsstummeln 64 versehen, mit denen sie in einem Gehäuse einer Walzvorrichtung aufgenommen werden können. Die Formwalzen 42 können über die Achsstummel ebenfalls gemeinsam oder einzeln angetrieben werden.

[0050] Oben in der Figur 1A sind die Achsen in einer Aufsicht dargestellt, wobei die Zeichenebene im Wesentlichen durch die Achsen 48 der Walzen 42, bzw. der Achse 46 des Werkstücks 14 verläuft. Die äußere Kontur der Formwalzen 42 entspricht dem negativen Profil eines zu walzenden Ein- oder Auslassventils. Zwischen den Formwalzen 42 ist ein rohrförmiges Werkstück 14 mit einer Durchgangsöffnung bzw. einem Durchgangsloch 28 angeordnet. Die Achse 46 des Werkstücks 14 und die Achsen 48 der Walzen 42 sind jeweils parallel ausgerichtet. Unten in der Figur 1A sind die Walzen 42 und das Werkstück 14 in einer Ansicht in Axialrichtung dargestellt. Die Walzen sind in Figur 1A und 1B für einen Rundquerwalzvorgang ausgelegt. Die Walzen sind als Formwalzen 42 ausgeführt. Die jeweiligen Drehrichtungen der Walzen und des Werkstücks sind durch die Pfeile 60 angedeutet. Beim Rundquerwalzen rotiert das Werkstück 14 hier in entgegengesetzter Richtung zu den Formwalzen 42 zwischen zwei gleichsinnig umlaufenden Formwalzen, um die Achse 46 des Werkstücks 14. Durch Zustellung mindestens eines Werkzeugs bzw. einer Formwalze 42 wird das Werkstück 14 umgeformt. Hier ist dargestellt, dass beide Walzen in der Bewegungsrichtung bzw. Kraftausübungsrichtung 62 auf das Werkstück 14 zubewegt werden. Es ist jedoch ebenfalls möglich, lediglich eine der Walzen 42 in Richtung auf das Werkstück 14 bzw. die andere Walze zuzubewegen, wobei die Rotationsachse des Werkstücks 14 verschoben wird. Das Werkstück 14 wird hier durch ein Spannfutter 56, dessen Spannbacken dargestellt sind, in Axialrichtung gehalten. Das Spannfutter 56 dient hier als Axialführung 54, um zu verhindern, dass sich das Werkstück 14 beim Walzen in Richtung des späteren Ventiltellers bewegt, was durch den axialen Anteil der Walzkräfte im Bereich der Ventiltellerrückseite bewirkt wird.

[0051] Das Formwalzen weist unter anderem den Vorteil auf, dass die molekulare Kettenstruktur im Werkstück 14 erhalten bleibt, was einen ungestörten Faserverlauf erzeugt. Dadurch kann anhand der Kristallstruktur durch metallurgische Verfahren auch am fertigen Ventil festgestellt werden, dass es durch Formwalzen hergestellt bzw. geformt wurde.

[0052] Die Achsen 48 der Formwalzen 42 bilden eine Ebene und die Achse des Werkstücks 14 liegt parallel

zu dieser Ebene, nicht jedoch in diese Ebene sondern in der Zeichnung unter dieser Ebene. Bei einem Walzvorgang würde das Werkstück 14 nach unten weggedrückt werden, sobald die Formwalzen 42 mit einem Walzvorgang beginnt. Das Werkstück 14 wird daher in der Figur von unten durch eine Führung bzw. Radialführung 52 gestützt, die als Radialführung dient. Durch Anwenden des Kräfteparallelogramms wird klar, dass die Kraft die auf die Führung wirkt, viel geringer sein kann, als die Walzkräfte die durch ein zusammenfahren der Formwalzen 42 entstehen. Daher kann im Bereich der Auflage eine Gleitreibung erzeugt werden, auch wenn von den Walzen starke Walzkräfte in der Bewegungs- / Walzdruckrichtung erzeugt werden.

[0053] Es ist ebenfalls möglich die Oberfläche der Radialführung 52 zu schmieren, um den Verschleiß der Kontaktfläche mit der Radialführung 52 zu verringern. Während des Walzens kann die Führung in Richtung der Achse 46 des Werkstücks 14 nach oben nachgeführt werden, um die Belastung der Radialführung 52 zu verringern. Es ist ebenfalls vorgesehen eine mehrteilige Führung zu verwenden, die sich an die verschiedenen Stadien der Umformung, insbesondere im Bereich des Ventilkopfes, anpassen kann. Es ist ebenfalls vorgesehen, anstelle einer starren Führung, eine Reihe von Rollen einzusetzen, die verschleißärmer betrieben werden können. Die Rollen können in Axialrichtung bewegt werden, um lokale Verformungen des Werkstücks durch die Führungsrollen zu vermeiden.

[0054] Über dem Werkstück kann gegenüber der Radialführung 52 ein Heizelement angebracht werden, das durch eine Flamme, Strahlung oder Induktion das Werkstück 14 heizt, um sicherzustellen, dass während des gesamten Umformprozesses ein Warmwalzen stattfindet.

[0055] Bei dem angewendeten Walzverfahren kann das Werkstück 14 bereits vor dem Walzen in Axialrichtung so weit nach oben verschoben werden, bis es mit dem oberen Rand der Formwalzen abschließt. Es ist jedoch ebenfalls möglich, das Werkstück 14 während des Walzvorgangs nach oben in Richtung des Ventilschaftendes zu bewegen, bis das Ventilschaftende mit dem oberen Rand der Formwalzen abschließt.

[0056] Es kann ebenfalls vorgesehen sein, das Werkstück 14 durch das Spannfutter anzutreiben, um so einen Schlupf zwischen den Formwalzen 42 und dem Werkstück 14, insbesondere im Bereich des Ventiltellers, bzw. der Ventiltellerrückseite zu erreichen. Da die Ventiltellerrückseite eine kleinere Fläche als die Mantelfläche des Ventilschafts aufweist, scheint es ratsam einen Schlupf zwischen einer Ventiltellerrückseite und den entsprechenden Abschnitten der Formwalzen 42 zu erzeugen, da es sonst aufgrund der Torsionskräfte zwischen der Ventiltellerrückseite und dem Ventilschaft zu einer Zerstörung des Ventils kommen könnte. Die Winkelgeschwindigkeitsverhältnisse zwischen Schaft und Ventilteller sind dabei mindestens so groß wie die entsprechenden Radienverhältnisse zwischen Ventilschaft und

Ventilteller. Daraus ergibt sich bei einem Durchmesser Verhältnis zwischen Ventilteller zu Ventilschaft von ca. 5 jeweils ein Verhältnis der Winkelgeschwindigkeiten für den durchschnittlichen Durchmesser des Ventiltellers zu dem Schaftdurchmesser von ca. 2,5, was bei einem normalen Walzvorgang ausreichen sollte, den Ventilteller vom Schaft abzdrehen bzw. abzureißen. Daher kann es vorgesehen sein, das Werkstück 14 beim Formwalzen mit einer höheren Geschwindigkeit anzutreiben, um im Bereich des Ventiltellers einen Schlupf zu erzeugen, der den Übergang vom Ventilteller zu dem Ventilschaft deutlich entlastet und so eine Zerstörung des Werkstücks 14 beim Formwalzen verhindern kann. Dazu kann das Spannfutter durch einen gesonderten und nicht dargestellten Antrieb in Rotation versetzt werden, wenn dies vorgesehen ist.

[0057] Weiterhin kann die Walzvorrichtung mit einer Einzelwalzendrehzahlsteuerung versehen sein, die im Detail in Figur 1B dargestellt ist, um den Verschleiß der Radialführung 52 zu verringern. Dies ist im Detail in Figur 1B dargestellt. Um die Figur 1A nicht zu unübersichtlich werden zu lassen, ist die Steuerung in Figur 1A nicht dargestellt.

[0058] Figur 1B zeigt die gleichen Elemente wie Figur 1A, wobei die Formwalzen 42 ein fertig formgewalztes Werkstück 14A, wobei die Formwalzen 42 in einer Position am Ende des Walzvorgangs dargestellt sind. Die Darstellung ist rein Schematisch. Die Formwalzen 42 haben das Werkstück 14 zu einem umgeformten Werkstück 14A umgeformt. Das umgeformte Werkstück 14A weist immer noch eine Durchgangsöffnung 28 auf, die sich durch den gesamten Ventilschaft erstreckt.

[0059] Die Formwalzvorrichtung von Figur 1B ist mit einem Kraftaufnehmer 66 an mindestens eine Radialführung 52 versehen, um zu messen, mit welcher Kraft das Werkstück durch die Formwalzen 42 gegen die Radialführung 52 gepresst wird. Die Formwalzvorrichtung von Figur 1B ist ebenfalls mit einzeln angetriebenen Formwalzen 42 versehen, die einzeln mit einer gewählten Drehzahl angesteuert werden können. Der Kraftaufnehmer bzw. der Kraftsensor 66 ist mit einer Steuerung 68 verbunden, die mindestens die Drehzahl bzw. den Antrieb einer der Formwalzen 42 steuert, um die Kraft, die das Werkstück 14/14A beim Walzen auf die Radialführung 52 ausübt, zu begrenzen. Es kann ebenfalls vorgesehen sein, dass die Steuerung auch eine Drehzahl bzw. einen des Werkstücks steuert, um die Belastung der Radialführung 52 zu verringern oder zumindest zu begrenzen.

[0060] Das Werkstück kann durch eine differenzielle Ansteuerung der Formwalzen in der Mitte zwischen den beiden Formwalzen oder an einer anderen Position gehalten werden, sodass die Belastung und der Verschleiß der Führungen 52 minimiert werden kann. Das System lässt sich auch bei Walzvorrichtungen mit zwei Führungen anwenden. Durch eine entsprechende Steuerung kann ebenfalls die Standzeit der Walzvorrichtung erhöht werden, da die Intervalle, in denen die Führungen aus-

getauscht werden müssen, verlängert werden können.

[0061] Auch wenn die Steuerung zur Begrenzung der Belastung der Radialführung 52 nur in Zusammenhang mit Figur 1B beschrieben ist, wird hier explizit darauf hingewiesen, dass diese Steuerung auch bei den anderen, in den Figuren dargestellten Ausführungsformen, als offenbart anzusehen ist. Die Steuerung wurde nur in Figur 1B beschrieben, da eine redundante Wiederholung nur den Umfang der Beschreibung unnötig erhöht hätte.

[0062] Figur 1C zeigt das fertig umgeformte Werkstück 14A das einen Teil umfasst, der im Wesentlichen einen Ventilkörper bildet. Der Ventilkörper weist einen Ventilschaft 8 auf, der an einem unteren Ende in einem Ventilteller 6 bzw. einer Rückseite eines Ventiltellers 24 ausläuft. Der Ventilkörper umfasst noch keine Ventiltellerfläche. Der Ventilschaft 8 endet oben am Schaftende 36, an dem das Ventil später angesteuert werden kann. Das Schaftende kann wie dargestellt direkt durch Formwalzen hergestellt sein, es ist jedoch ebenfalls möglich das Schaftende 36 erst später auszuformen.

[0063] Das Durchgangsloch 28 wurde zu dem Hohlraum 10 in den Ventilteller 6 und den Ventilschaft 8 umgeformt. Es ist ebenfalls möglich, lediglich den Hohlraum 10 durch Umformen zu erzeugen und später den Ventilschaft durch eine spanende Bearbeitung auf einen Enddurchmesser zu bringen, falls es nicht möglich sein sollte die Parameter Durchmesser des Durchgangslochs 28 bzw. Sacklochs und der Wandstärke des Werkstücks vor und nach dem Formwalzen zu erreichen.

[0064] Das Werkstück kann entlang der gepunkteten Linie die die Trennstelle 30 bildet, von dem rohrförmigen Rest getrennt werden. An der Ventiltellerfläche befindet sich hier noch eine Öffnung 18, die später mit einem Deckel verschlossen werden kann, um ein fertiges Ventil zu bilden.

[0065] Figur 1D zeigt das fertige, durch Umformen hergestellte Ventil 4. Das Ventil 4 weist einen Ventilschaft 8 auf, der an einem unteren Ende in einem Ventilteller 6 bzw. einer Rückseite eines Ventiltellers 24 ausläuft. Die Öffnung 18 an der Ventiltellerfläche 22 ist durch einen Deckel 20 verschlossen, der an einer Füge Stelle 32 mit dem Ventil durch Reib-, Widerstands-, Elektronenstrahl- oder Laserschweißen verbunden wurde.

[0066] Der Hohlraum 10 ist mit einem Natrium-Kühlmittel 12 gefüllt. Als Kühlmittel wird üblicherweise Natrium verwendet, das bei Betriebstemperaturen des Verbrennungsmotors in einem flüssigen Zustand vorliegt. Üblicherweise ist nicht der gesamte Hohlraum 10, sondern nur 1/4, 1/3, 1/2, 2/3 bis 3/4 des Hohlraums des Ventils mit Natrium gefüllt. Im Betrieb bewegt sich das Natrium im Ventilschaft 8 bzw. im Hohlraum 10 des Ventilschafts 8 auf und ab und transportiert dabei Wärme von dem Ventilteller 6 in Richtung des gekühlten Ventilschafts 8 (Shaker-Kühlung). Das Natrium bewegt sich dabei bei jedem Öffnungs- bzw. Schließvorgang innerhalb des Ventils 2. Der Hohlraum 10 wurde bei dem Ventil 2 dadurch erzeugt, dass der Ventilteller 6 an der Ventiltellerfläche 22 mit einer Öffnung 18 versehen wurde.

[0067] Figur 2A entspricht im Wesentlichen Figur 1A und dem Stand der Technik. Eine Beschreibung von Bezugszeichen und Elementen die bereits im Zusammenhang mit Figur 1A beschrieben sind, wird hier nicht noch einmal wiederholt. Anstelle eines rohrförmigen Werkstücks 14, wird nun ein becherförmiges Werkstück 16 verwendet, bei dem ein Boden bereits den Ventilteller 6 bzw. die Ventiltellerfläche 22 bildet. Anstelle eines Durchgangslochs wird ein Sackloch 26 verwendet.

[0068] Der Durchmesser des Werkstücks 16 ist im Bereich des späteren Ventiltellers größer als im Bereich des späteren Ventilschafts 8. Das Werkstück weist bereits im Wesentlichen oder genau, die Höhe des späteren Ventils auf. Durch das Formwalzen wird hier im Wesentlichen der Ventilschaft geformt. Der Ventilteller kann bereits zu einem großen Teil durch spanende Bearbeitung geformt sein. Das becherförmige Werkstück 16 wird in Axialrichtung durch eine Axialführung 54 gehalten, um die Rückseite des Ventiltellers formen zu können. Es ist ebenfalls vorgesehen, das becherförmige Werkstück 16 mit einem Ansatz zu versehen, an dem ein Spannfutter angreifen kann, um das becherförmige Werkstück während des Formwalzens mit einer wählbaren Geschwindigkeit drehen zu können. Dies wurde bereits bei der Beschreibung der Figuren 1A und 1B ausgeführt. Mit einem Ansatzstück, dass in einem Spannfutter gehalten wird, kann ein Schlupf zwischen dem Ventilteller und den Formwalzen erreicht werden. Das Ansatzstück kann nach dem Formwalzen durch spanende Bearbeitung entfernt werden.

[0069] Im Gegensatz zu der Ausführung von Figur 1A kann eine Wandstärke des Teils des becherförmigen Werkstücks 16, das später den Ventilschaft bildet, dünner ausgeführt werden, was später eine geringere Wandstärke des Ventilschafts ergibt. Weiterhin wird bei dieser Auslegung das becherförmige Werkstück 16 weniger stark umgeformt als das Werkstück von Figur 1A/1B.

[0070] In Figur 2B ist das Ventil bereits nach dem Formwalzen weitgehend fertig. Der Hohlraum 10 weist im Bereich des Ventiltellers einen großen Durchmesser auf, was verbesserte Kühleigenschaften erwarten lässt. Der Schaft weist eine geringere Wandstärke als im Falle der Figuren 1B auf. Es ist aufgrund des geringeren Umformungsgrades möglich, den Schaft zu walzen ohne dass es notwendig werden kann den Außendurchmesser des Ventilschafts durch einen weiteren Bearbeitungsschritt zu verringern.

[0071] Figur 2C stellt ein innengekühltes Ventil 4 des Standes der Technik dar, das einen Ventilschaft aufweist, der an einem unteren Ende in einem Ventilteller ausläuft. Der Ventilschaft 8 endet oben in einem Schaftende 36. Innen ist das Ventil mit einem Hohlraum 10 versehen, der mit einem Kühlmittel 12 gefüllt ist. Das Kühlmittel kann beispielsweise durch eine Öffnung oder Bohrung am Ventilschaft mit dem Kühlmittel gefüllt werden. Das Ventil des Standes der Technik weist im Bereich des Ventiltellers einen Hohlraum mit einem großen Durchmesser auf, der den Durchmesser des Ventil-

schafts übersteigen kann. Der Ventilteller, mit der Ventiltellerfläche 22, der Ventiltellerrückseite 24 und der Ventilschaft sind dabei aus einem Stück geformt. Das fertige Ventil weist daher weder im Bereich des Ventiltellers noch im Bereich des unteren Ventilschafts Fügestellen auf. Es ist möglich den Hohlraum 10, durch ein durch beispielsweise Reibschweißen angebrachtes Ventilschaftende, nach dem Befüllen mit Kühlmittel zu verschließen.

[0072] Figur 3A stellt im Wesentlichen die Formwalzvorrichtung des Standes der Technik von Figur 2A dar. Eine Beschreibung von Bezugszeichen und Elementen die bereits im Zusammenhang mit Figur 1A oder 2a beschrieben sind, wird hier nicht noch einmal wiederholt. Im Unterschied zu den Formwalzen von Figur 2A sind die Formwalzen von Figur 3A mit einer Oberflächenstruktur 58 versehen, die beim Formwalzen einen Transport des Werkstückmaterials in Axialrichtung bewirkt. Die Oberflächenstruktur 58, die einen Transport des Werkstückmaterials in Axialrichtung bewirkt, ist hier als Gewinde ausgeführt, das bei einer Rotation der Formwalzen 42 eine Axialkraft in Richtung eines späteren Ventilschaftendes erzeugt. Mit der Oberflächenstruktur ist es möglich, ein kürzeres becherförmiges Werkstück 16 zu verwenden. Beim Formwalzen wird ebenfalls eine Kraft in Axialrichtung auf das becherförmige Werkstück ausgeübt, wodurch das Material beim Walzen sich nicht nur in Radialrichtung sondern auch in Axialrichtung ausbreiten kann.

[0073] Die Oberflächenstruktur 58 ist hier als Gewinde ausgeführt. Das Gewinde ist mit kleiner Flankenhöhe und kleiner Steigung ausgeführt, das lediglich Kräfte ausübt, nicht jedoch ein Gewinde in den Ventilschaft einwalzt.

[0074] Wenn die Formwalzen einen Druck auf das becherförmige Werkstück 16 ausüben, kann das Material nicht nur in Umfangs- und Radialrichtung fließen, sondern ist aufgrund der Axialkräfte auch in der Lage in Axialrichtung zu fließen bzw. sich zu verformen. Dieser Effekt ergibt insgesamt eine Möglichkeit mit einem becherförmigen Werkstück mit größerer Wandstärke zu beginnen, was die Prozesssicherheit des Verfahrens deutlich erhöhen kann.

[0075] Es ist natürlich ebenfalls möglich nur eine der Formwalzen mit der Oberflächenstruktur 58 zu versehen, die einen Transport des Werkstückmaterials in Axialrichtung bewirkt oder eine Axialkraft in dem Werkstück erzeugt.

[0076] Figur 3B veranschaulicht den Walzvorgang von dem becherförmigen Werkstück 16 in Richtung des Ventilschaftendes, wobei die Materialverlagerung durch dünne Pfeile angedeutet ist.

[0077] Die Figuren 3A und 3B können ohne eine Axialführung auskommen, wenn die Oberflächenstruktur 58 eine hinreichend große Axialkraft erzeugt, um die Rückseite der Ventiltellerfläche 24 durch Formwalzen umzuformen.

[0078] Figur 3C zeigt ein Ventil 4 das mit der Formwalzvorrichtung der Figuren 3A und 3B hergestellt wurde.

Es unterscheidet sich von dem Ventil der Figur 2C lediglich durch die Kristallstruktur des Materials.

[0079] Figur 4A zeigt eine erfindungsgemäße Walzvorrichtung die im Wesentlichen der der Figuren 1A bis 3A entspricht. Eine Beschreibung von Bezugszeichen und Elementen die bereits im Zusammenhang mit Figuren 1A bis 3A beschrieben sind, wird hier nicht noch einmal wiederholt.

[0080] Figur 4A nutzt das gleiche kurze becherförmige Werkstück 16, wie es in Figuren 3A und 3B dargestellt ist. Anstelle zylinderförmiger Walzen, deren Achsen parallel zueinander ausgerichtet sind, verwendet die erfindungsgemäße Ausführung von Figur 4A und Figur 4B hyperboloide Formwalzen 44, deren Achsen windschief zueinander stehen. Das Walzverfahren stellt ein Schrägwalzverfahren dar, da mindestens die Achse eines der Formwalzen gegenüber der Achse des becherförmigen Werkstücks geneigt ist. Technisch gesehen sind die Achsen der Walzen zueinander windschief, wobei ein Winkel zwischen den Achsen als der Winkel bei orthogonaler Projektion der Achsen angegeben werden kann. Hier sind die Achsen 48 der Formwalzen jeweils im gleichen Winkel zur Achse 46 des becherförmigen Werkstücks 16 geneigt. Durch die Neigung und Drehung wird beim Walzen eine Axialkraft in Richtung des späteren Ventilschaftendes erzeugt. Damit kann ein ähnlicher Effekt erzeugt werden, wie mit der Oberflächenstruktur 58 in den Figuren 3A und 3B. Es ist natürlich ebenfalls möglich, die Formwalzen der Figuren 4A und 4B mit einer entsprechenden Oberflächenstruktur 58 auszustatten, wie sie in den Figuren 3A und 3B offenbart wurde. Die Formwalzen 44 bilden einschalige Rotationshyperboloide, deren erzeugende nicht Geraden, sondern das Profil eines Ein- oder Auslassventils sind. Zylindrische Walzen würden kein zylindrisches Produkt sondern ein einschaliges Hyperboloid erzeugen, da sich der Abstand der Achsen der Walzen, je nach Entfernung von dem geringsten Abstand vergrößert. Um diesen Effekt auszugleichen, müssen die Walzen selber eine Form eines einschaligen Hyperboloids aufweisen. Beim Schrägformwalzen müssen die Walzen zudem die Profilierung des Endprodukts aufweisen. Bilden also profilierte einschalige Hyperboloidflächen.

[0081] Im Gegensatz zu den Ausführungsformen der Figuren 1A bis 3B wird das Werkstück hier von zwei gegenüberliegenden Radialführungen 52 geführt, die das becherförmige Werkstück 16 zwischen den hyperboloiden Schrägwalzen 44 führen. Die Führungen müssen während des Formwalzvorgangs ebenfalls nachgeführt werden. Es ist dabei insbesondere möglich, die Einzelwalzensteuerung von Figur 4B auch bei der Walzvorrichtung von Figuren 4A und 4B einzusetzen.

[0082] Das Werkstück kann von einer Axialführung 54 geführt werden, kann aber auch über ein Ansatzstück durch ein Spannfutter gehalten, geführt und/oder gedreht werden.

[0083] Wie in Figur 1B können hier beide Radialführungen 52 mit jeweils mindestens einem Kraftaufnehmer 66 versehen sein, die jeweils mit einer Steuerung 68 ver-

bunden sind, die wiederum die Drehzahl bzw. den Antrieb mindestens einer der Formwalzen 44 steuert. Auch hier kann die Steuerung dazu verwendet werden, das Werkstück 16 genau zwischen den Walzen 44 zu halten und/oder den Verschleiß der Radialführungen 52 zu verringern.

[0084] Figur 4A stellt die hyperboloiden Formwalzen 44 in einer Endposition nach dem Formwalzen dar. Bei Verwendung von hyperbolischen Formwalzen werden in dem Schaft Torsionskräfte erzeugt, die bei geringeren Walzenachsenwinkeln jeweils geringer ausfallen.

[0085] Je größer der Winkel zwischen den Walzenachsen 48 ist, desto größer wird die erzeugte Axialkraft.

[0086] Die Ausführungsform der Figuren 4A und 5B kann ebenfalls ohne eine Axialführung auskommen, da durch die Schrägwalzen eine hinreichend große Axialkraft erzeugt wird. Es ist ebenfalls möglich die Oberflächenstruktur 58 der Figuren 3A und 3B einzusetzen, um eine beim Walzen erzeugte Axialkraft weiter zu erhöhen.

[0087] Figur 5A stellt eine erfindungsgemäße Kombination der Figuren 1A, 2A, 3A und 4A dar. Wie in der Figur 1A wird das becherförmige Werkstück nur von einer Seite durch eine Radialführung 52 geführt. Die linke Formwalze 42 weist die gleiche Form aus, wie in den Figuren 1A und 2A und die Achse der linken Formwalze 42 ist parallel zu der Achse des becherförmigen Werkstücks 16 ausgerichtet. Die linke Formwalze ist wie in der Figur 4A als hyperbolische Formwalze 44 ausgeführt. Die hyperbolische Formwalze 44 ist zudem mit der Oberflächenstruktur 58 der Figuren 3A und 3B versehen. Die Achse 50 der hyperbolischen Formwalze 44 ist im Verhältnis zu der Achse 48 der linken Formwalze 42 und der Achse 46 des becherförmigen Werkstücks geneigt. Damit erzeugt die rechte hyperbolische Formwalze 44 beim Formwalzen eine starke Axialkraft in Richtung des späteren Ventilschaftendes. Diese Axialkraft reicht, bei geeigneter Auslegung aus, um ein kurzes becherförmiges Werkstück 16 beim Formwalzen in Axialrichtung zu verlängern.

[0088] Figur 5B stellt die erfindungsgemäße Walzvorrichtung am Ende des Walzvorgangs dar. Die hyperboloiden Formwalzen 44 befinden sich in Figur 5B in einer Endposition nach dem Formwalzen. Durch die Form der Walzen, überdeckt die linke hyperbolische Formwalze 44 das obere Ventilschaftende des gewalzten Ventils. Die Form der Walzen bedingt ebenfalls, dass der Ventilteller den unteren Teil der linken hyperbolischen Formwalze 44 überdeckt. Ebenso überdeckt der untere Teil der rechten hyperbolischen Formwalze 44 teilweise den Ventilteller des umgeformten Werkstücks 16A. Das Ventilschaftende überdeckt den oberen Teil der Kontaktstelle der rechten hyperbolischen Formwalze 44 mit dem Ventilschaftende.

[0089] Bei der einseitigen Führung durch die Radialführung 52 ergibt sich die Möglichkeit gegenüber der Radialführung 52 eine Heizung anzubringen, die beispielsweise über eine Induktionsheizung oder eine Gasheizung das becherförmige Werkstück erwärmt, um das

Werkstück 16 einen Temperaturbereich zu halten, in dem ein Warmwalzen bzw. ein Warmformschrägwalzen möglich ist.

[0090] Figuren 6A und 6C stellen eine weitere zusätzliche Ausführungsform eines Werkstücks und eines innengekühlten Ventils dar. Das Werkstück das in Figur 6A gezeigt ist, entspricht im Wesentlichen dem Werkstück von Figur 2A. Im Unterschied zu dem Werkstück von Figur 2A ist das Werkstück von Figur 6A mit einer Außenkontur 70 versehen. Das Sackloch 26 ist wie in Figur 2A als zylindrisches Loch ausgeführt. Die Außenkontur 70 bildet zusammen mit dem zylindrischen Sackloch 26 eine Dickenvariation des Schaftes.

[0091] Durch das Umformen wird die Außenseite des Schaftes im Wesentlichen zylindrisch umgeformt. Dabei wird die Außenkontur 70 eingeebnet und nach innen auf die Innenseite des Sacklochs 26 übertragen, wobei innen in dem Sackloch eine Innenkontur entsteht. Die Dickenvariation des Schaftes bleibt dabei im Wesentlichen erhalten, wobei die Kontur nach dem Umformen nun auf der Innenseite d.h. in dem Hohlraum 10 als Innenkontur 72 ausgebildet ist. Hier ist die Innenkontur so ausgeführt, dass sie am Übergang zwischen Ventilteller 6 und Ventilschaft 8 eine Lavaldüse bildet. Es sollte klar sein, dass mit diesem Verfahren auch andere Innenkonturen erzeugt werden können. Es sollte ebenfalls klar sein, dass dieses Prinzip ebenfalls auf die Ausführungsformen angewendet werden können, bei denen ebenfalls eine Verlängerung des Schaftes beim Umformen erreicht wird, wie beispielsweise in den Figuren 3, 4 und 5, jeweils A bis C. Es muss dabei lediglich auch eine Verbreiterung und Verflachung der Kontur in Axialrichtung berücksichtigt werden. Durch dieses Verfahren lassen sich ohne weiteres strömungsgünstig geformte Hohlräume 10 erreichen, die einen konischen Übergang zwischen dem Schaft und dem Ventilteller ermöglichen. Es kann wie dargestellt ebenfalls wünschenswert sein, Düsenformen wie die dargestellte Laval-Düse in dem Hohlraum 10 zu erzeugen. Durch dieses Verfahren ist es mit sehr einfachen technischen Maßnahmen möglich, nahezu beliebige glatte bzw. stetige Innenkonturen 70 zu erzeugen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, umfassend:

Bereitstellen eines Werkstücks (14, 16), das einen Schaft und ein zylindrisches Loch (26, 28) umfasst, das von einem Ventilschaftende (36) in Axialrichtung verläuft, Umformen des Ventilschaftendes (36) durch Formwalzen des Schaftes auf einen kleineren Durchmesser in einem Schrägwalzwerk, wobei ein Durchmesser des zylindrischen Lochs verringert wird und das Loch (26, 28) noch bestehen bleibt, und Umformen eines Abschnitts des Werkstücks (14, 16),

- das an den Ventilschaft (8) anschließt, durch Formwalzen zu einem Ventilkopf, wobei beim Formwalzen des Ventilschafts die Achse des Werkstücks (14, 16) und die Achsen der Formwalzen (42, 44) jeweils windschief in einem Winkel von 0,5° bis 6° bevorzugt von 1° bis 5° und weiter bevorzugt von 1,5° bis 4° zueinander angeordnet sind, und wobei beim Formwalzen mindestens eine der Formwalzen (42, 44) eine Oberflächenstruktur aufweist, die einen Transport des Materials des Werkstücks in Axialrichtung bewirkt, wobei mindestens eine der Formwalzen (44) eine hyperboloide Außenfläche aufweist, und wobei mindestens zwei Formwalzen (42, 44) ein Profil eines Auslassventils aufweisen.
2. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach Anspruch 1, wobei das Werkstück (14, 16) vor dem Formwalzen einen Durchmesser von mindestens dem des Ventiltellers (6) des fertigen Ventils umfasst, und weiter umfassend: Formwalzen eines Übergangs zwischen dem Ventilkopf und dem Ventilschaft (8) zu einer Hohlkehle.
3. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Werkstück (16) becherförmig ist, wobei
- das becherförmige Werkstück (14, 16) an einem Boden des Werkstücks (16) einen Durchmesser aufweist, der mindestens dem des Ventiltellers (6) entspricht, wobei das zylindrische Loch ein Sackloch (26) ist, das von einem Ventilschaftende (36) in Richtung des Bodens des becherförmigen Werkstücks (16), verläuft, und wobei das Formwalzen ein Umformen des Schaftes und ein Formen des Ventilkörpers umfasst.
4. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach Anspruch 3 wobei eine äußere Bodenfläche des Werkstücks (16) bereits die Form des Ventiltellers (6) aufweist.
5. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach Anspruch 3 oder 4, wobei das Werkstück (16) becherförmig ist, und wobei das becherförmige Werkstück (16) an einem Boden des Werkstücks (16) einen größeren Durchmesser aufweist als im Bereich des zylindrischen Schaftes.
6. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Werkstück (14, 16) durch Führungen zwischen den Walzen gehalten wird.
7. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Werkstück (14, 16) warmgewalzt wird.
8. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach einem der vorstehenden Ansprüche, weiter umfassend: Bewegen des Werkstücks (14, 16) in Axialrichtung in Richtung des Schaftendes (36) während des Walzens.
9. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach einem der vorstehenden Ansprüche, weiter umfassend: Drehen des Werkstücks (14, 16) während des Walzens.
10. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach einem der vorstehenden Ansprüche, weiter umfassend: Drehen des Ventilschaftes (8) auf einen gewünschten Außendurchmesser, nachdem ein gewünschter Innendurchmesser des Ventilschaftes (8) durch Walzen erreicht wurde.
11. Verfahren zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Bereitstellen des Werkstücks (14, 16), ein Bereitstellen des Werkstücks (14, 16) mit einem nicht-zylindrischen Schaft mit einer Außenkontur (70) und dem zylindrischen Loch (26, 28) umfasst, wobei das Umformen des Ventilschaftendes (36) durch Formwalzen ein Umformen des Ventilschaftendes (36) durch Formwalzen des Schaftes auf einen kleineren Durchmesser umfasst, wobei ein Durchmesser des zylindrischen Lochs verringert wird und ein nicht-zylindrisches Loch mit einer Innenkontur (72) bestehen bleibt.
12. Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) für Verbrennungsmotoren, aus einem Werkstück (14, 16), umfassend:
- ein Walzwerk zum Schrägwalzen, wobei mindestens zwei Formwalzen (42, 44) ein Profil eines Auslassventils aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Achse des Werkstücks (14, 16) und die Achsen der Formwalzen (42, 44) jeweils windschief in einem Winkel von 0,5° bis 6° bevorzugt von 1° bis 5° und weiter bevorzugt von 1,5° bis 4° zueinander an-

geordnet sind, und dass mindestens eine der Formwalzen (42, 44) eine Oberflächenstruktur aufweist, die einen Transport des Materials des Werkstücks in Axialrichtung bewirkt, wobei mindestens eine der Formwalzen (44) eine hyperboloide Außenfläche aufweist.

13. Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) nach Anspruch 12, weiter umfassend: einen Dorn, der in ein Loch (26, 28) eines Werkstücks (14, 16) eingeführt werden kann, um das Werkstück (14, 16) beim Walzen zu führen. 10
14. Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) nach Anspruch 12 oder 13, weiter umfassend: mindestens eine Führung, um das Werkstück (14, 16) zwischen den Walzen zu halten und zu führen, wobei die mindestens eine Führung ein Gleitelement oder ein oder mehrere Rollen umfasst, die an einer Außenfläche des Werkstücks (14, 16) anliegen. 15 20
15. Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) nach Anspruch 12, 13 oder 14, weiter umfassend: 25

mindestens einen Kraftaufnehmer an der mindestens einen Führung, sowie einzeln angetriebene Formwalzen (42, 44),
und eine Steuerung, die die Drehzahl der Formwalzen (42, 44) so steuert, dass die Kraft auf die Führungen minimiert wird. 30
16. Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) nach einem der Ansprüche 12 bis 15, weiter umfassend eine Axial-Führung oder ein Spannfutter um das Werkstück (14, 16) von der Tellerseite aus zu führen bzw. zu halten. 35
17. Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) nach einem der Ansprüche 12 bis 16, weiter umfassend einen Aktuator, um das Werkstück (14, 16) von dem Boden aus in Richtung Ventilschaftende (36) axial zu bewegen. 40 45
18. Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) nach einem der Ansprüche 12 bis 17, weiter umfassend einen Antrieb, um das Werkstück (14, 16) während des Walzens mit einer vorbestimmten Umdrehungszahl zu drehen. 50
19. Vorrichtung zum Herstellen eines innengekühlten Ventils (4) nach einem der Ansprüche 12 bis 18, weiter umfassend ein Heizelement, um das Werkstück (14, 16) beim Walzen zu erwärmen. 55

Claims

1. A method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines, comprising: 5

provision of a workpiece (14, 16), which comprises a stem and a cylindrical hole (26, 28), which extends from one end of the valve stem (36) in axial direction, reshaping of the valve stem end (36) by form rolling of the stem to a smaller diameter in a cross-rolling mill, wherein a diameter of the cylindrical hole is reduced and the hole (26, 28) still remains, and reshaping of a section of the workpiece (14, 16) which is connected to the valve stem (8) by form rolling to a valve head, wherein during form rolling of the valve stem the axis of the workpiece (14, 16) and the axes of the forming rollers (42, 44) are in each case arranged skewed to one another at an angle from 0.5° to 6°, preferably from 1° to 5°, and more preferably from 1.5° to 4°, and wherein during form rolling at least one of the forming rollers (42, 44) has a surface structure, which causes a transport of the material of the workpiece in axial direction, wherein at least one of the forming rollers (44) has a hyperboloidal outer surface, and wherein at least two forming rollers (42, 44) have a profile of an outlet valve.

2. The method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines according to claim 1, wherein prior to the form rolling the workpiece (14, 16) comprises a diameter of at least that of the valve disk (6) of the finished valve, and further comprising: form rolling of a transition between the valve head and the valve stem (8) to a fillet. 35

3. The method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines according to claim 1 or 2, 45

wherein the workpiece (16) is cup-shaped, wherein the cup-shaped workpiece (14, 16) has a diameter at a base of the workpiece (16) which corresponds at least to that of the valve disk (6), wherein the cylindrical hole is a blind hole (26), which extends from a valve stem end (36) in direction of the base of the cup-shaped workpiece (16), and wherein the form rolling comprises a reshaping of the stem and a shaping of the valve body.

4. The method for the production of an internally cooled 50

- valve (4) for internal combustion engines according to claim 3,
wherein an outer surface of the base of the workpiece (16) already has the shape of the valve disk (6).
5. The method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines according to claim 3 or 4,
wherein the workpiece (16) is cup-shaped, and wherein the cup-shaped workpiece (16) has a larger diameter at a base of the workpiece (16) than in the area of the cylindrical stem.
6. The method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines according to one of the preceding claims,
wherein the workpiece (14, 16) is held between the rollers by means of guides.
7. The method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines according to one of the preceding claims,
wherein the workpiece (14, 16) is hot rolled.
8. The method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines according to one of the preceding claims, further comprising:
moving of the workpiece (14, 16) in axial direction in direction of the stem end (36) during the rolling.
9. The method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines according to one of the preceding claims, further comprising:
rotating of the workpiece (14, 16) during the rolling.
10. The method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines according to one of the preceding claims, further comprising:
turning of the valve stem (8) to a desired outer diameter, after a desired inner diameter of the valve stem (8) has been achieved by rolling.
11. The method for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines according to one of the preceding claims,
wherein the providing of the workpiece (14, 16) comprises a providing of the workpiece (14, 16) with a non-cylindrical stem with an outer contour (70) and the cylindrical hole (26, 28),
wherein the reshaping of the valve stem end (36) by form rolling comprises a reshaping of the valve stem end (36) by form rolling of the stem to a smaller diameter,
wherein a diameter of the cylindrical hole is reduced and a non-cylindrical hole with an inner contour (72) remains.
12. A device for the production of an internally cooled valve (4) for internal combustion engines, from a workpiece (14, 16), comprising:
a rolling mill for cross-rolling, wherein at least two forming rollers (42, 44) have a profile of an outlet valve,
characterized in that the axis of the workpiece (14, 16) and the axes of the forming rollers (42, 44) are in each case arranged skewed to one another at an angle from 0.5° to 6°, preferably from 1° to 5°, and more preferably from 1.5° to 4°, and that at least one of the forming rollers (42, 44) has a surface structure, which causes a transport of the material of the workpiece in axial direction, wherein at least one of the forming rollers (44) has a hyperboloidal outer surface.
13. The device for the production of an internally cooled valve (4) according to claim 12, further comprising:
a mandrel, which can be inserted into a hole (26, 28) of a workpiece (14, 16) to guide the workpiece (14, 16) during rolling.
14. The device for the production of an internally cooled valve (4) according to claim 12 or 13, further comprising:
at least one guidance to hold and to guide the workpiece (14, 16) between the rollers, wherein the at least one guidance comprises a sliding member or one or more rollers, which abut against an outer surface of the workpiece (14, 16).
15. The device for the production of an internally cooled valve (4) according to claim 12, 13 or 14, further comprising:
at least one load cell at the at least one guidance as well as individually driven forming rollers (42, 44),
and a controller that controls the rotational speed of the forming rollers (42, 44) such that the force on the guidances is minimized.
16. The device for the production of an internally cooled valve (4) according to one of the claims 12 to 15, further comprising an axial guidance or a chuck to guide or hold the workpiece (14, 16) from the disk side.
17. The device for the production of an internally cooled valve (4) according to one of the claims 12 to 16, further comprising an actuator to move the workpiece (14, 16) axially from the base in the direction of the valve stem end (36).
18. The device for the production of an internally cooled

valve (4) according to one of the claims 12 to 17, further comprising a drive to rotate the workpiece (14, 16) during the rolling at a predetermined rotational speed.

19. The device for the production of an internally cooled valve (4) according to one of the claims 12 to 18, further comprising a heating element to heat the workpiece (14, 16) during rolling.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne comprenant :

le fait de fournir une pièce à travailler (14, 16) comprenant une tige et un trou cylindrique (26, 28) s'étendant à partir d'une extrémité (36) de tige de soupape dans une direction axiale, le fait de former l'extrémité (36) de tige de soupape par laminage de mise en forme de la tige à un plus petit diamètre dans un laminoir transversal, un diamètre du trou cylindrique étant réduit et le trou (26, 28) étant conservé, et le fait de former par laminage de mise en forme une partie de la pièce à travailler (14, 16) adjacente à la tige de soupape (8) en une tête de soupape ; pendant le laminage de mise en forme de la tige de soupape, l'axe de la pièce à travailler (14, 16) et les axes des rouleaux de formage (42, 44) sont chacun disposés, l'un par rapport à l'autre, selon un angle de 0,5° à 6°, de préférence de 1° à 5° et de façon encore préférée de 1,5° à 4°, et, pendant le laminage de mise en forme, au moins un des rouleaux de formage (42, 44) présente une structure de surface qui effectue un transport du matériau de la pièce à travailler dans la direction axiale, au moins un des rouleaux de formage (44) ayant une surface extérieure hyperboloïde, et au moins deux rouleaux de formage (42, 44) ayant un profil de soupape d'échappement.

2. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, selon la revendication 1, dans lequel la pièce à travailler (14, 16), avant le laminage de mise en forme, comprend un diamètre d'au moins celui de la partie aplatie (6) de soupape de la soupape finie, et comprenant en outre : le fait de former par laminage une transition entre la tête de la soupape et la tige de la soupape (8) de façon à former une gorge creuse.

3. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne,

selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel la pièce à travailler (16) est en forme de coupelle, la pièce à travailler (14, 16) en forme de coupelle ayant un diamètre au niveau d'une partie inférieure de la pièce à travailler (16) au moins égal à celui de la partie aplatie (6) de soupape, le trou cylindrique étant un trou borgne (26) s'étendant depuis une extrémité (36) de tige de soupape vers le fond de la pièce à travailler (16) en forme de coupelle, et le laminage de mise en forme comprend une mise en forme de la tige et une mise en forme du corps de soupape.

4. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, selon la revendication 3, dans lequel une surface inférieure extérieure de la pièce à travailler (16) a déjà la forme de la partie aplatie (6) de soupape.

5. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, selon la revendication 3 ou la revendication 4, dans lequel la pièce à travailler (16) est en forme de coupelle, et dans lequel la pièce à travailler (16) en forme de coupelle présente un diamètre plus grand au niveau d'une partie inférieure de la pièce à travailler (16) que dans la zone de la tige cylindrique.

6. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la pièce à travailler (14, 16) est maintenue entre les rouleaux au moyen de guides.

7. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la pièce à travailler (14, 16) est laminée à chaud.

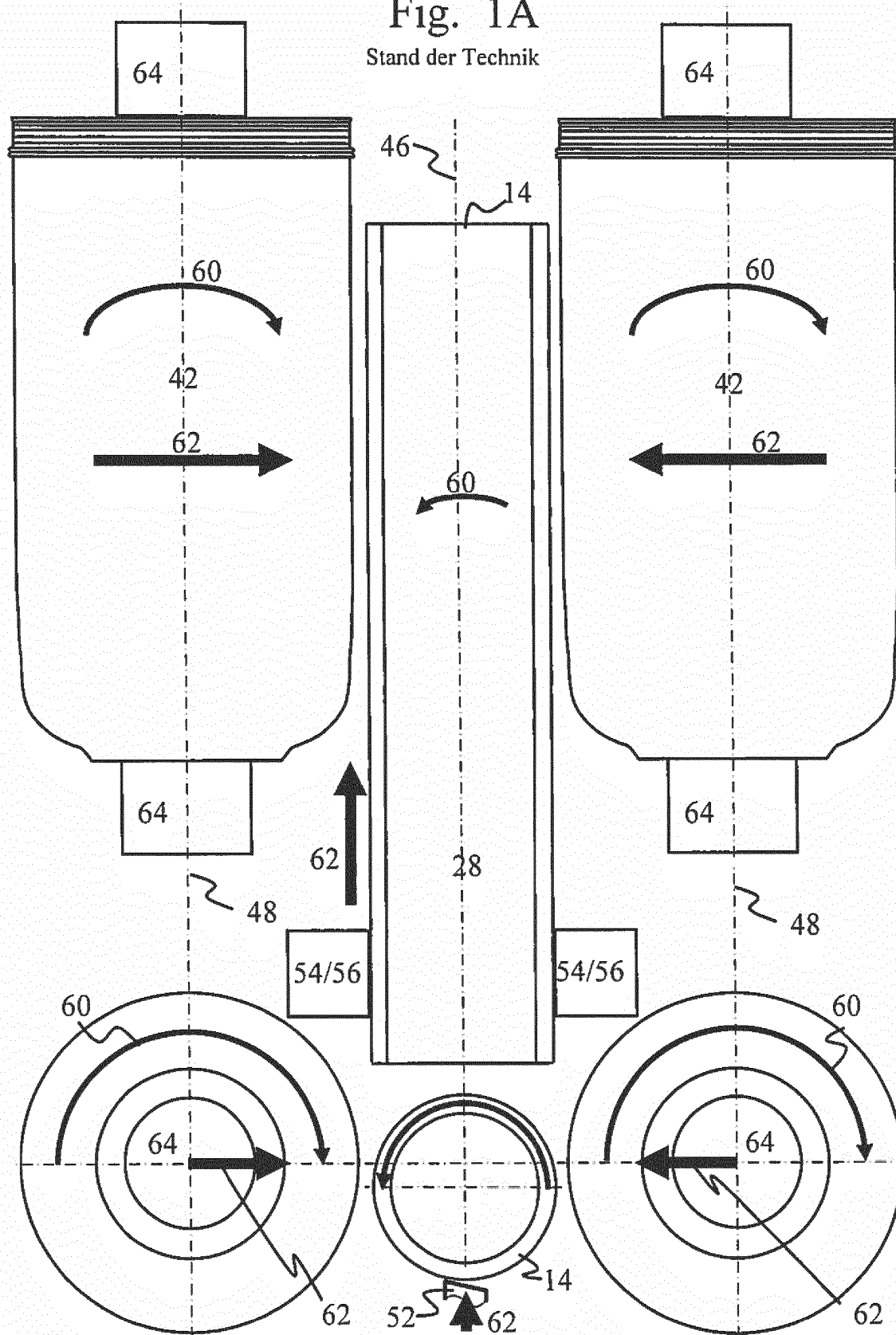
8. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre :

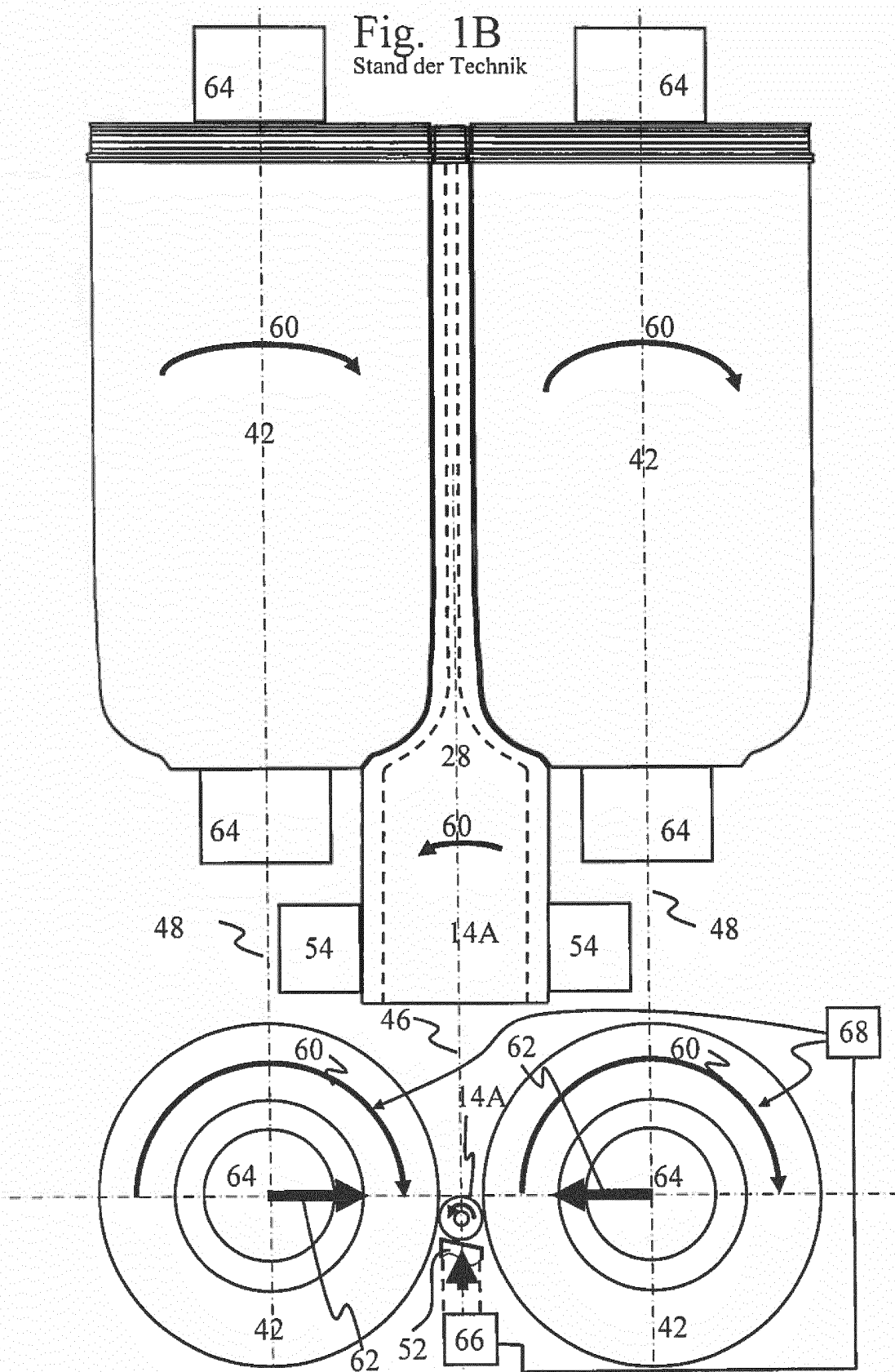
le fait de déplacer la pièce à travailler (14, 16) dans la direction axiale vers l'extrémité de l'arbre (36) pendant le laminage.

9. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre : le fait de faire tourner la pièce à travailler (14, 16) pendant le laminage.

10. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre :
le fait d'opérer un roulage de la tige de soupape (8) à un diamètre extérieur souhaité après qu'un diamètre intérieur souhaité de la tige de soupape (8) ait été obtenu par laminage.
11. Procédé de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel
le fait de fournir la pièce à travailler (14, 16) comprend le fait de fournir la pièce à travailler (14, 16) avec une tige non cylindrique ayant un contour extérieur (70) et le trou cylindrique (26, 28), le fait de former l'extrémité (36) de tige de soupape par laminage de mise en forme comprend le fait de former l'extrémité (36) de tige de soupape par laminage de mise en forme de la tige à un diamètre plus petit, réduisant ainsi un diamètre du trou cylindrique et conservant un trou non cylindrique ayant un contour intérieur (72).
12. Dispositif de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne pour moteurs à combustion interne, à partir d'une pièce à travailler (14, 16), comprenant :
un laminoir pour un laminage transversal, au moins deux cylindres de formage (42, 44) ayant le profil d'une soupape d'échappement, **caractérisé en ce que** l'axe de la pièce à travailler (14, 16) et les axes des rouleaux de formage (42, 44) sont chacun agencés, l'un par rapport à l'autre, à un angle de 0,5° à 6°, de préférence de 1° à 5°, et de façon encore préférée de 1,5° à 4°, et **en ce qu'**au moins un des rouleaux (42, 44) de laminage de mise en forme a une structure de surface qui effectue un transport du matériau de la pièce à travailler dans la direction axiale, au moins un des rouleaux de formage (44) ayant une surface extérieure hyperboloïde.
13. Dispositif de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne selon la revendication 12, comprenant en outre :
un mandrin pouvant être inséré dans un trou (26, 28) d'une pièce à travailler (14, 16) de façon à guider la pièce à travailler (14, 16) pendant le laminage.
14. Dispositif de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne selon la revendication 12 ou la revendication 13, comprenant en outre :
au moins un guide pour maintenir et guider la pièce à travailler (14, 16) entre les rouleaux, ledit au moins
- un guide comprenant un élément coulissant ou un ou plusieurs rouleaux qui reposent contre une surface extérieure de la pièce à travailler (14, 16).
15. Dispositif de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne selon la revendication 12, 13 ou 14, comprenant en outre :
au moins un capteur de force sur ledit au moins un guide, et des rouleaux de formage (42, 44) entraînés individuellement, et un contrôleur qui commande la vitesse des rouleaux de formage (42, 44) de façon à minimiser la force sur les guides.
16. Dispositif de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, comprenant en outre un guide axial ou un mandrin pour guider ou maintenir la pièce à travailler (14, 16) depuis le côté de la partie aplatie.
17. Dispositif de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, comprenant en outre un actionneur pour déplacer axialement la pièce à travailler (14, 16) depuis le bas en direction de l'extrémité (36) de la tige de soupape.
18. Dispositif de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne selon l'une quelconque des revendications 12 à 17, comprenant en outre un dispositif d'entraînement pour faire tourner la pièce à travailler (14, 16) sur un nombre prédéterminé de tours pendant le laminage.
19. Dispositif de fabrication d'une soupape (4) à refroidissement interne selon l'une quelconque des revendications 12 à 18, comprenant en outre un élément de chauffage pour chauffer la pièce à travailler (14, 16) pendant le laminage.

Fig. 1A
Stand der Technik





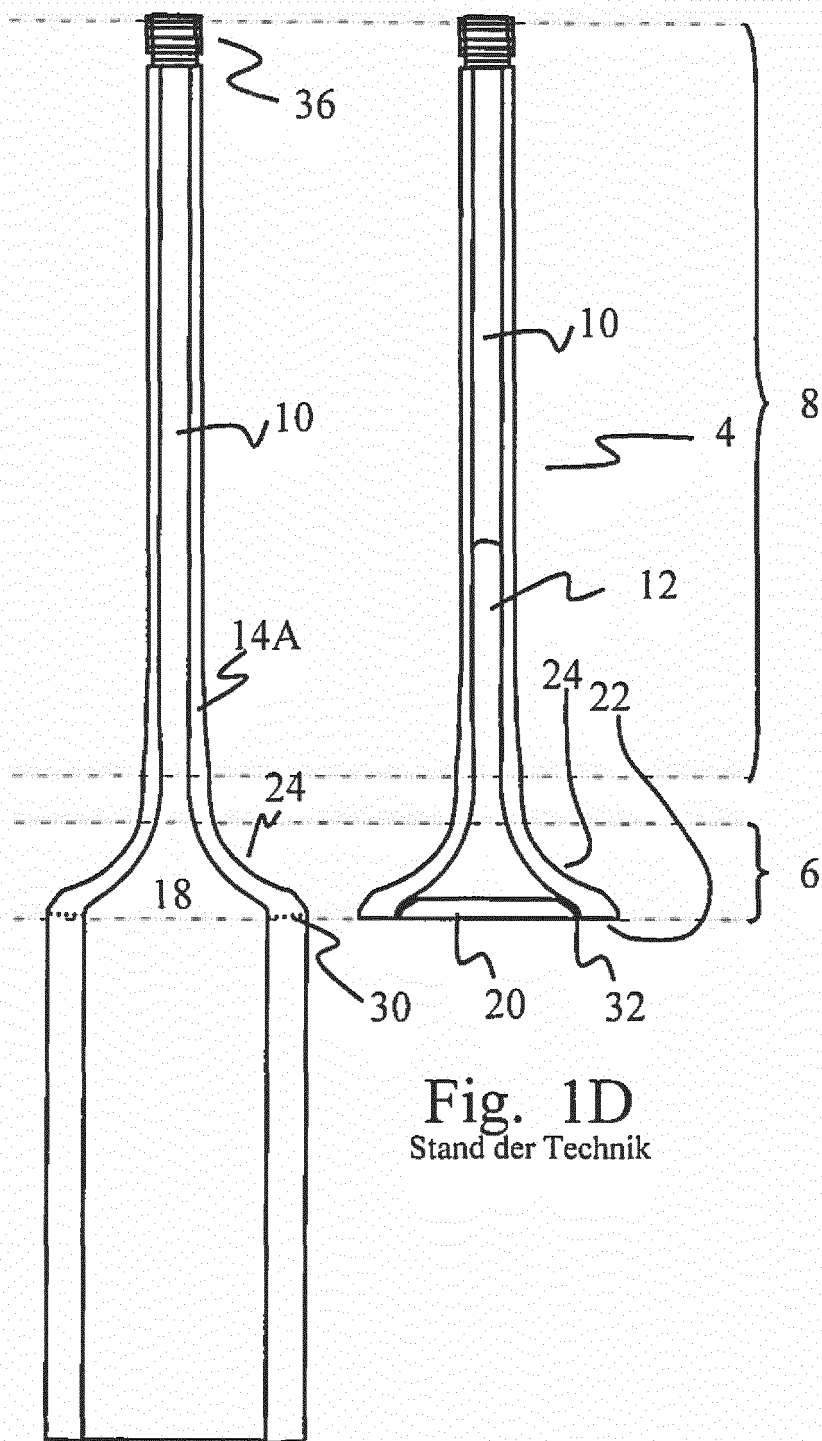
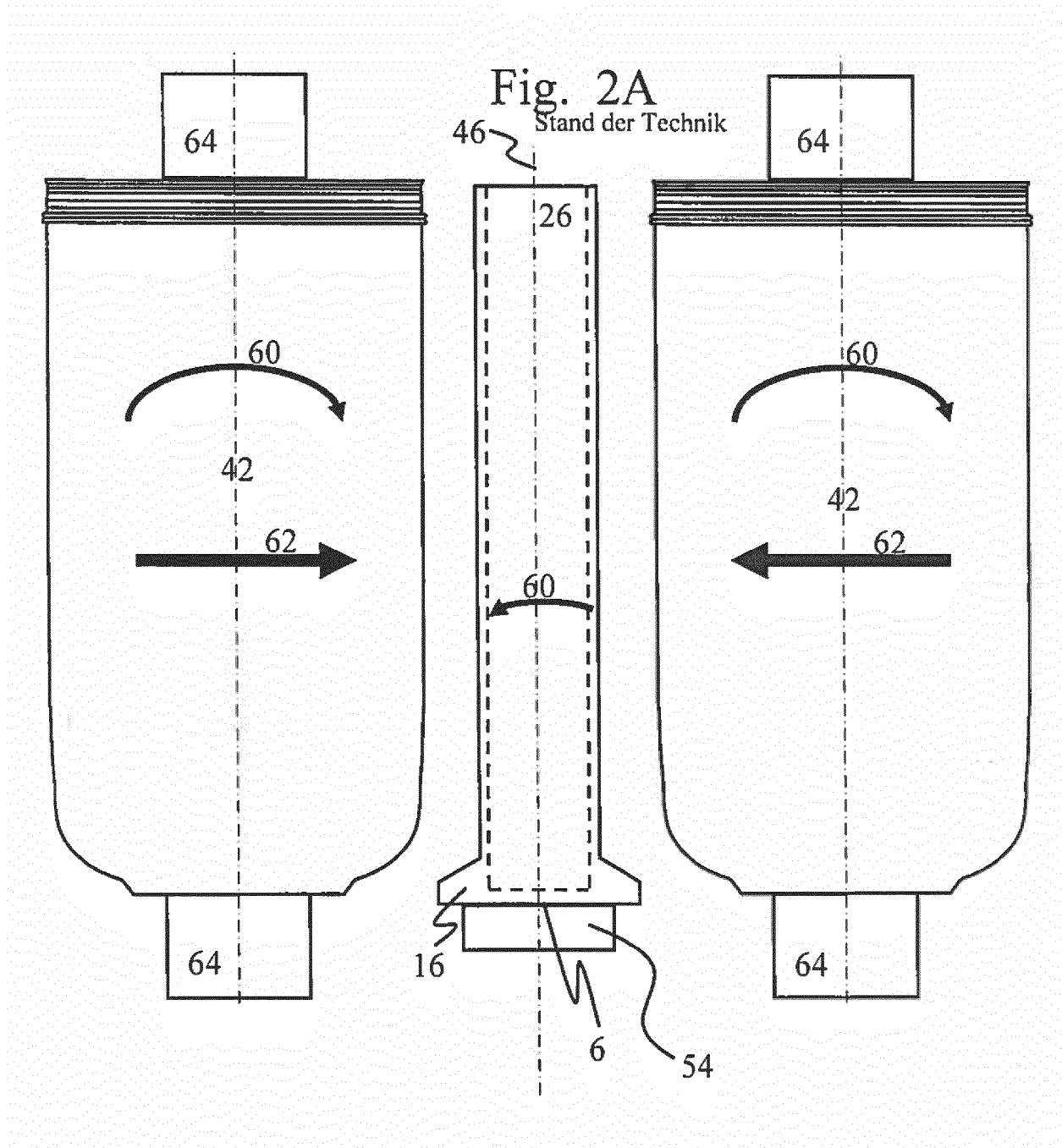
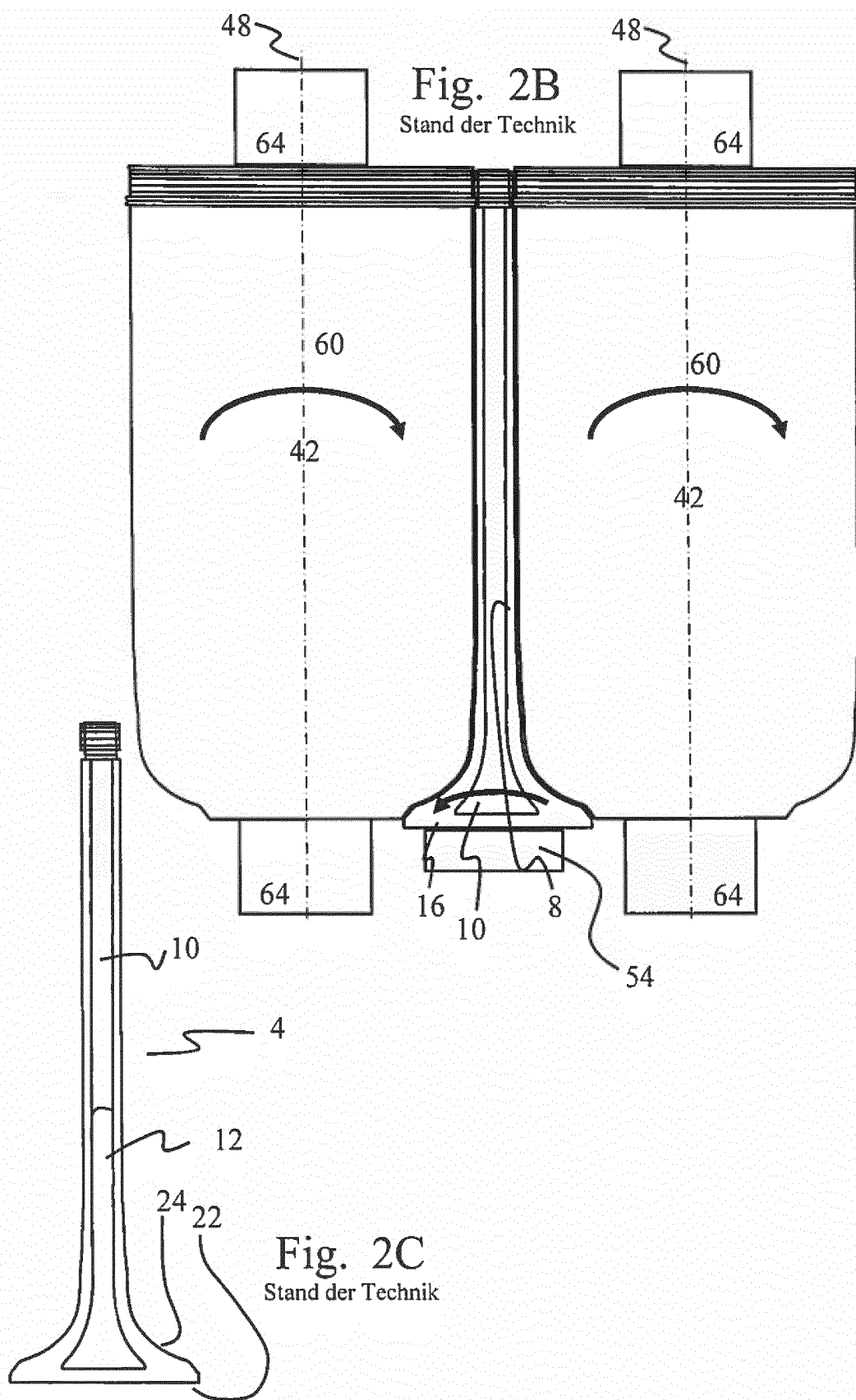
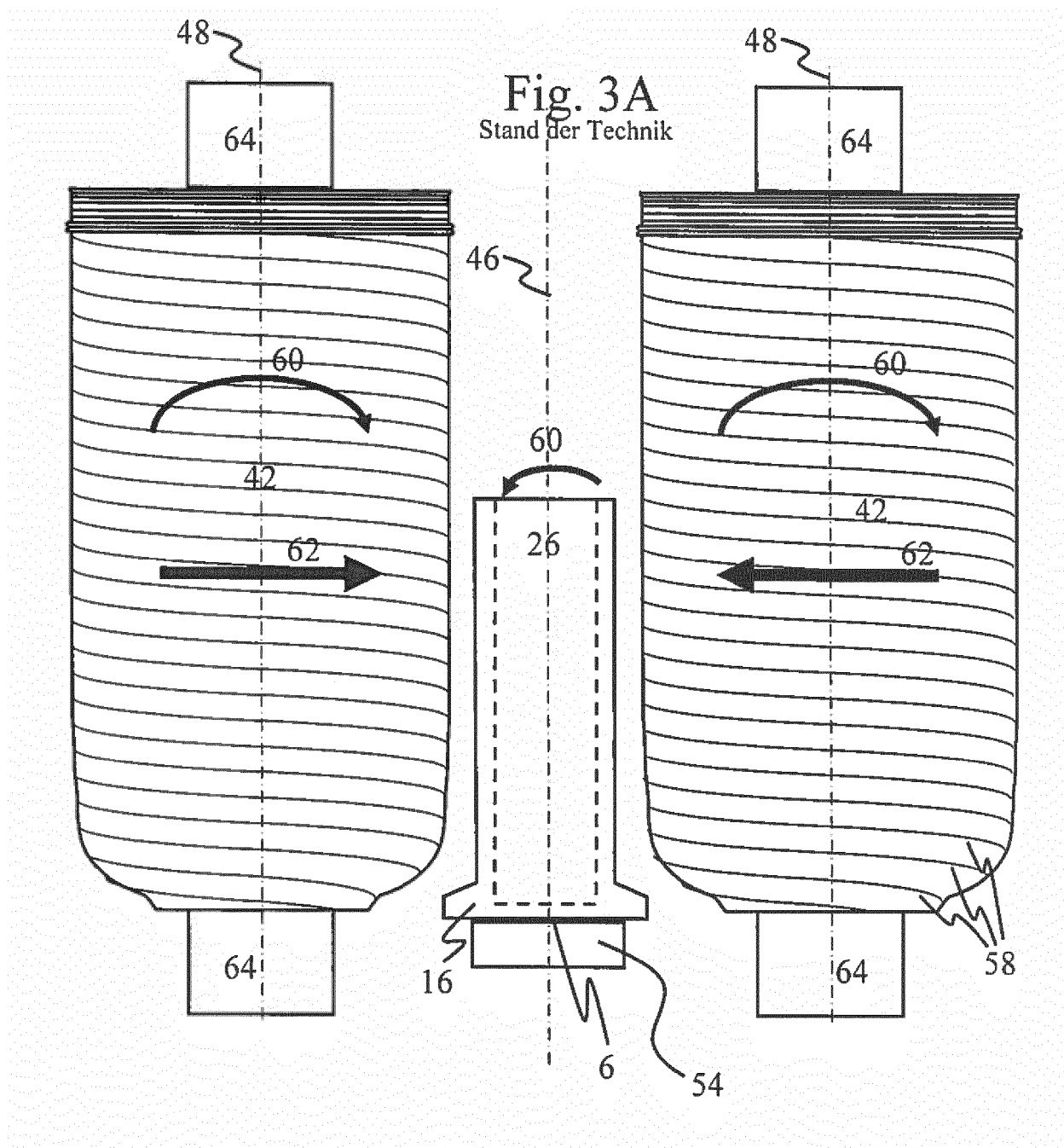


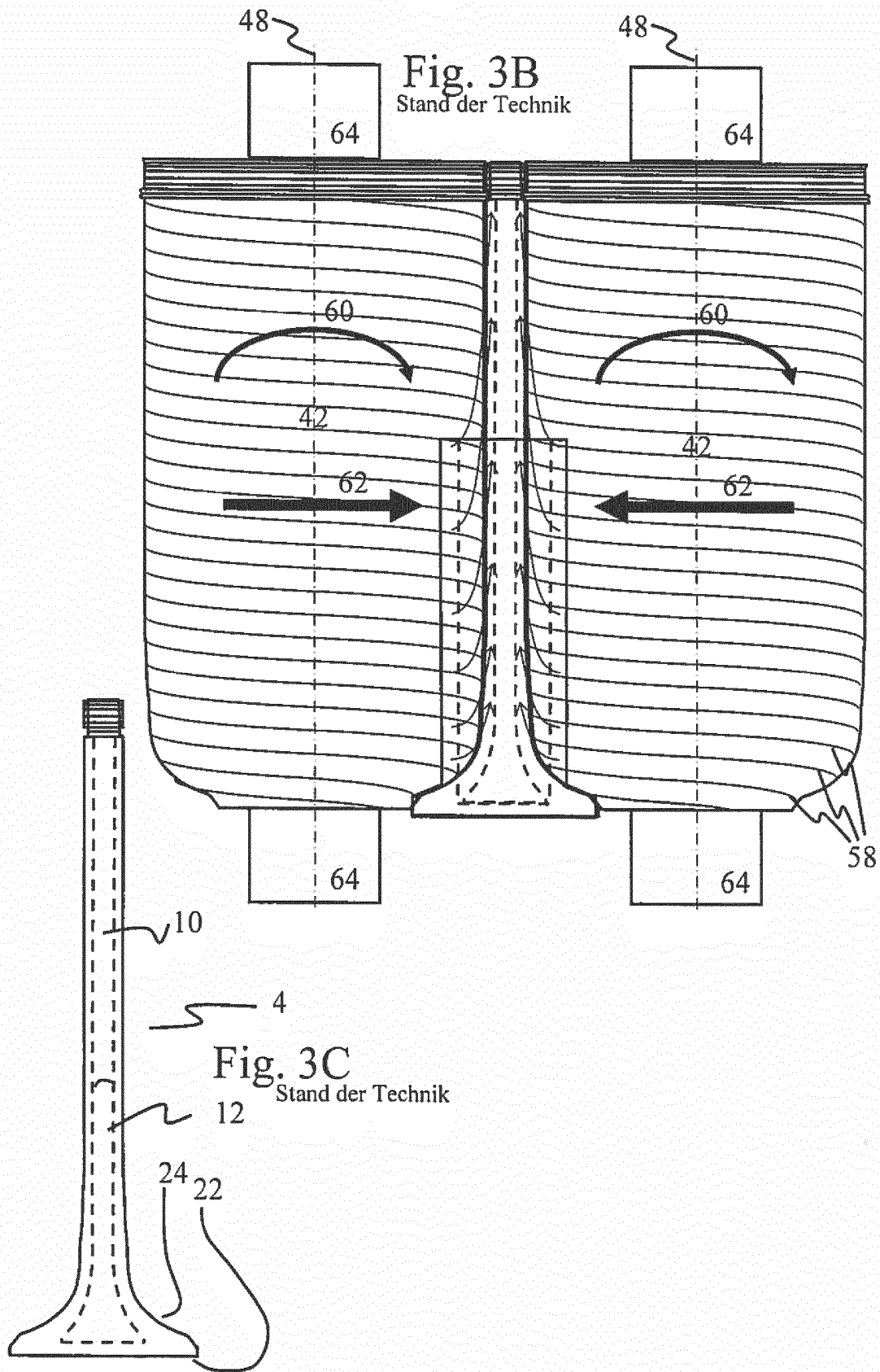
Fig. 1D
Stand der Technik

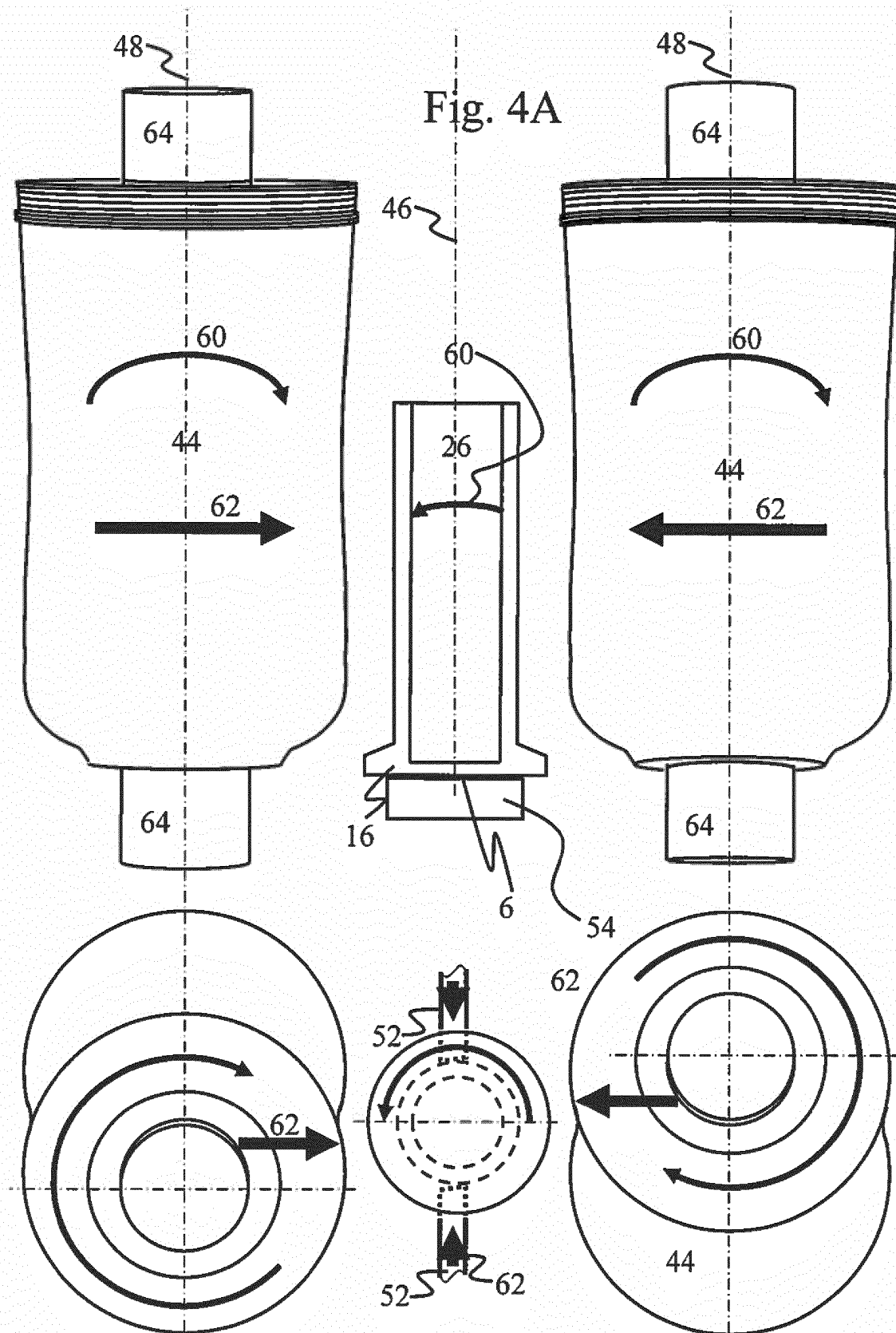
Fig. 1C
Stand der Technik











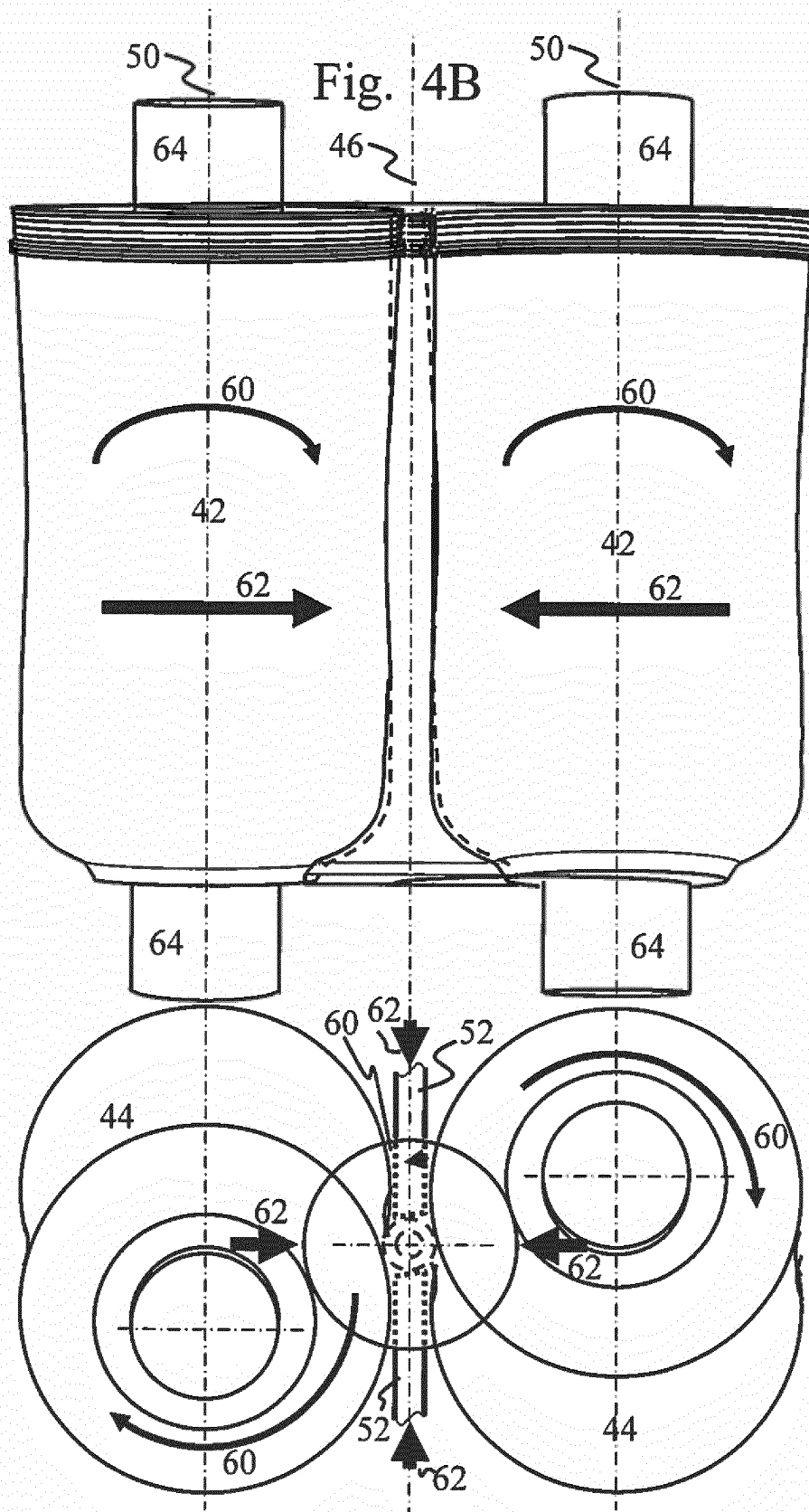


Fig. 5A

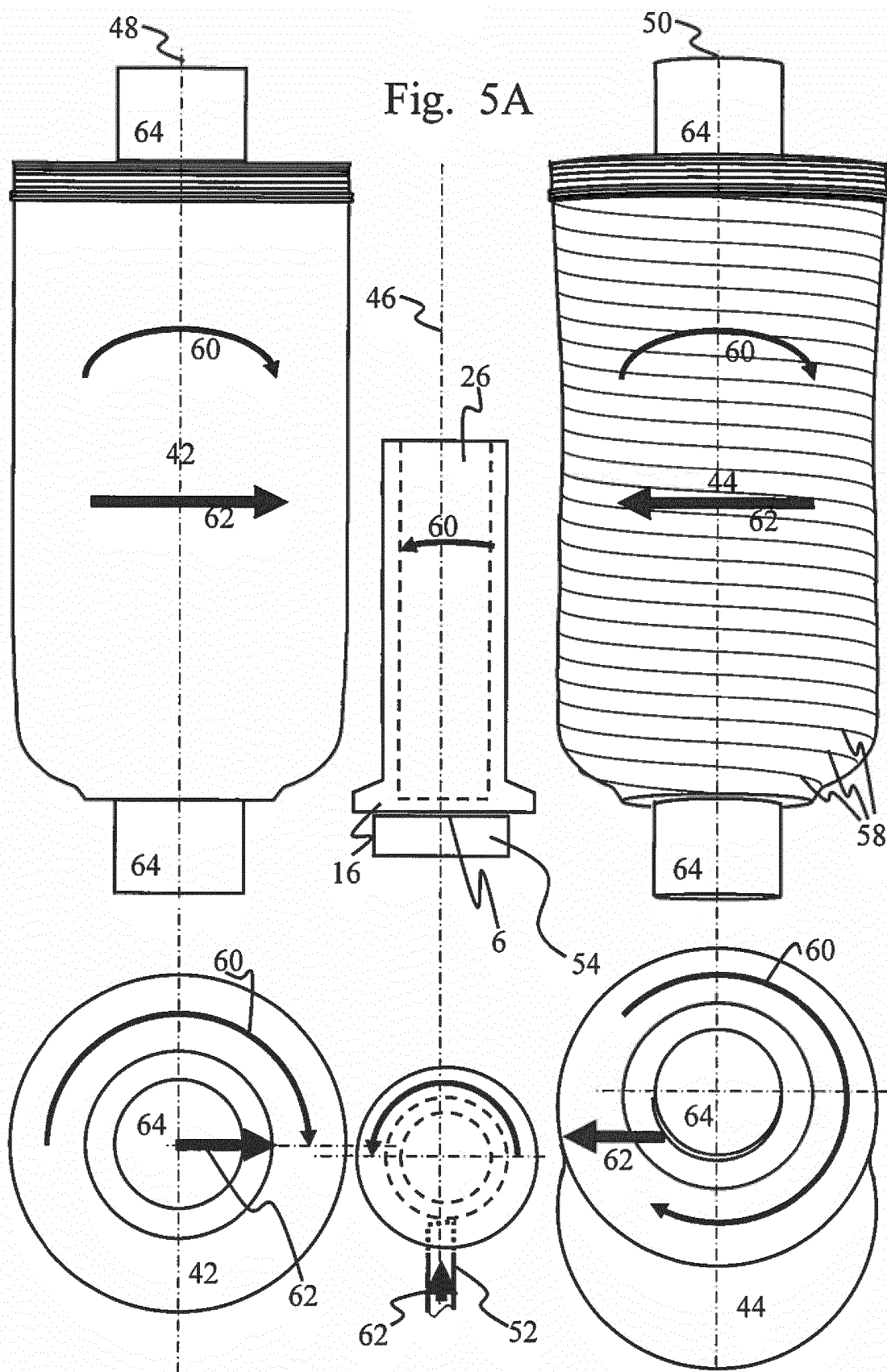


Fig. 5B

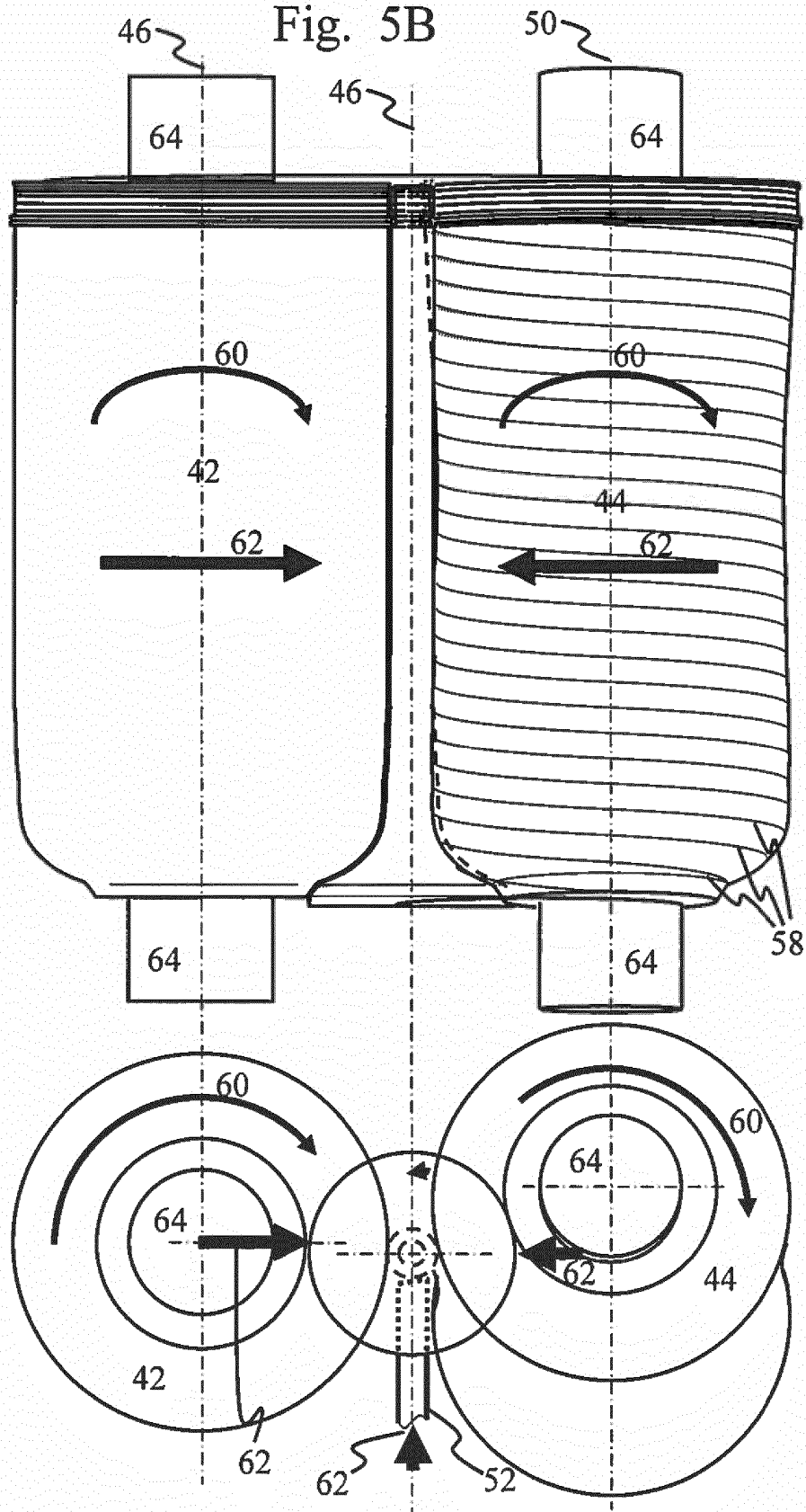


Fig. 6A

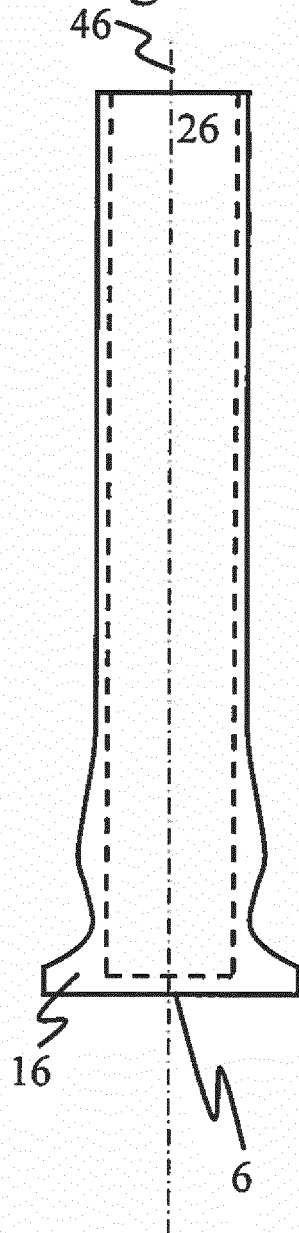
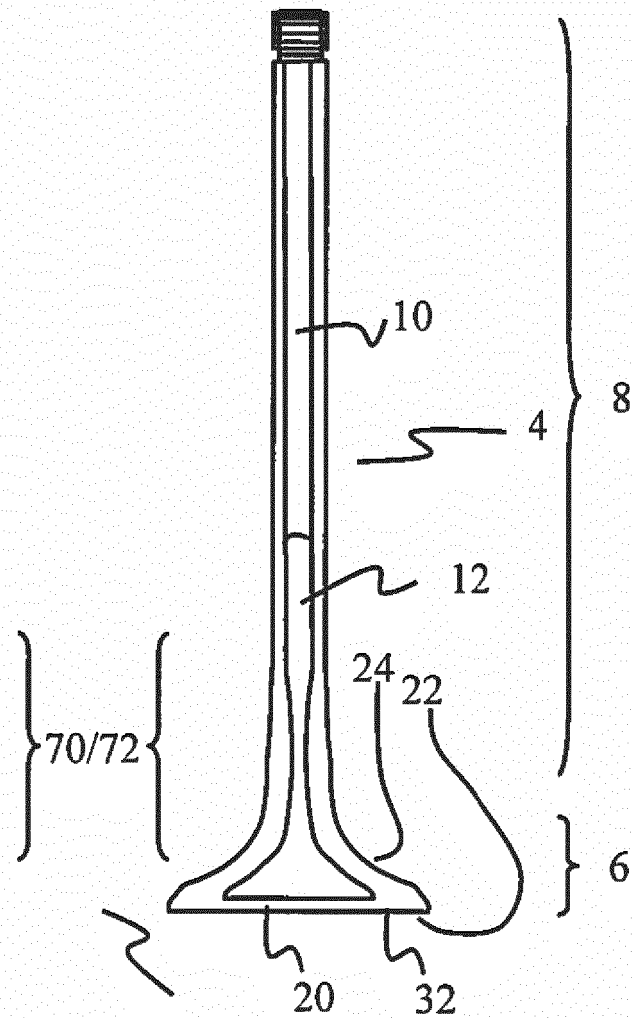


Fig. 6B



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

- GB 452696 A [0004]
- GB 412359 A [0004]
- US 1950953 A [0004]