

SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 695 908 A5

(51) Int. Cl.: F04B 15/08 (2006.01)
F04B 23/06 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTCHRIFT**

(21) Gesuchsnummer: 01230/02

(22) Anmeldedatum: 12.07.2002

(24) Patent erteilt: 13.10.2006

(45) Patentschrift veröffentlicht: 13.10.2006

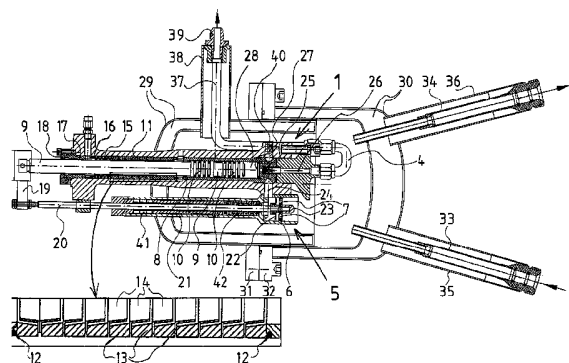
(73) Inhaber:
Cryomec AG, Binningerstrasse 85
4123 Allschwil (CH)

(72) Erfinder:
Jean-Elie Tornare, 4422 Arisdorf (CH)

(74) Vertreter:
Felber & Partner AG Patentanwälte,
Dufourstrasse 116 Postfach
8034 Zürich (CH)

(54) **Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien.**

(57) Die Hochdruckpumpe besteht aus einer ersten Kolben-Zylindereinheit (1) zum Pumpen des cryogenen Mediums auf Förderdrücken ab 350 bar, und einer zweiten, zwanghaft gegenläufig zur ersten Kolben-Zylindereinheit (1) wirkenden und ausserhalb derselben angeordneten Kolben-Zylindereinheit (5) zum Speisen der ersten Kolben-Zylindereinheit (1) auf niedrigerem Druck im Fülltakt derselben. Vorzugsweise ist die erste Kolben-Zylindereinheit (1) zum Fördern parallel zur zweiten Kolben-Zylindereinheit (5) zum Speisen angeordnet, wobei der Zylinder der Speisepumpe (5) über eine Verbindungs- und Speisebohrung mit dem Zylinder der Hochdruckpumpe (1) kommuniziert. Die Kolbenstangen der beiden Kolben-Zylindereinheiten (1; 5) sind mechanisch miteinander verbunden, sodass sie sich parallel und gleichförmig miteinander hin und her bewegen.



Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft eine Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien. Bei den cryogenen Medien ist das Pumpen eine komplizierte Angelegenheit, denn man kann nicht mit Unterdrücken, also mit Drücken arbeiten, die den im Tank vorherrschenden Druck unterschreiten, um die cryogene Flüssigkeit zu fördern. Jeder auftretende Unterdruck führt zum unweigerlichen Verdampfen der cryogenen Flüssigkeit. Lagert man eine cryogene Flüssigkeit in einem entsprechend für solche Flüssigkeiten isolierten Tank, so muss man dauernd Verluste durch Verdampfung in Kauf nehmen, weil unvermeidbar eine gewisse Wärmemenge stets ihren Weg in den Tank findet. Diese unablässige Wärmezufuhr führt zur laufenden Verdampfung der cryogenen Flüssigkeit. Je mehr Flüssigkeit im Tank bereits verdampft ist, umso höher steigt der Druck in der Flüssigkeit. Dabei pumpt man bei möglichst niedrigem Druck, das heisst bei gesättigtem Flüssiggas, oder anders ausgedrückt bei NPSH (net positiv suction head).

[0002] Aus der EP 0 174 269 B1 ist eine Pumpe für cryogene Fluiden bekannt geworden, welche einen Hochdruckteil und einen Vorverdichterteil aufweist. Zwischen diesen Teilen ist eine Trennwand angeordnet. Der Vorverdichterteil ist in einem an die Trennwand dichtend angeschlossenen, wärmeisolierenden Zwischenbehälter untergebracht. Der Hochdruck- und Vorverdichterteil sind durch eine Tandem-Anordnung ihrer Kolben mit einer gemeinsamen Kolbenstange verbunden. Die gemeinsame Kolbenstange durchsetzt dichtend eine Trennwand zwischen diesen beiden Pumpenteilen. Der Vorverdichter weist einen ansaugseitig offenen Zylinder auf. Die Kernidee, die dieser Pumpe zugrunde liegt, ist es, die Flüssigkeit in jeder Phase nur zu drücken, und somit niemals anzusaugen, und dadurch jeden Unterdruck tunlichst zu vermeiden. Hierzu wirkt die Vorverdichterpumpe als Zubringer. Sie drückt Fluid in die Hochdruckpumpe, während diese einen Fülltakt ausführt. Umgekehrt, wenn die Hochdruckpumpe fördert, wird die Vorverdichterpumpe neu befüllt. Diese Pumpe funktioniert sehr gut bei Drücken bis ca. 350 bar. Bei diesem Druck allerdings beginnt es kritisch zu werden. Der Förderdruck wirkt nämlich ausserhalb der Kolbenstange nach vorne auf den Vorverdichter und trägt zum starken Verschleiss der Kolbenringe dieser Kolbenstange bei. Die Standzeiten dieser Kolbenringe auf dem die Trennwand durchsetzenden Kolben werden bei noch höheren Drücken als 350 bar aufgrund des mechanischen Verschleisses dramatisch kürzer. Die Kolbenringe beginnen ausserdem stark zu lecken. Bei einem Druck von 450 bar kann nur noch mit einer Standzeit von ca. 500 Stunden gerechnet werden, bei noch höheren Drücken wird die Standzeit noch schlechter und ist nicht mehr zumutbar.

[0003] In der Cryobranche besteht eine starke Tendenz, mit immer höheren Drücken zu arbeiten. Es werden international mehr und mehr Tankstellen für Erdgas und Wasserstoff eingerichtet, bei denen diese Stoffe in flüssiger Form gelagert und umgeschlagen werden. Weiter gibt es Länder wie zum Beispiel Norwegen, wo das Verlegen von Pipelines für den Transport von Erdgas wegen der Topografie praktisch ausgeschlossen ist, sodass das Erdgas gezwungenermassen in cryogener, flüssiger Form in Tanks per Schiff und Lkw transportiert werden muss. Der Umschlag von flüssigem Erdgas erfordert aber den Einsatz leistungsfähiger und standfester Pumpen auch für Drucke über 350 bar.

[0004] Viele erdgasbetriebene oder auch wasserstoffbetriebene Fahrzeuge weisen Gastanks auf. Die Druckflaschen für Erdgas weisen einen Druck von 200 bar auf, und die üblicherweise mitgeführten drei Standardflaschen enthalten ca. 50 Liter Erdgas. Bei einem Lkw ergeben sich damit Reichweiten von ca. 250 km. Würde der Druck auf 400 bar gesteigert, so würde die Reichweite auf ca. 500 km ansteigen, bei einem Druck von 700 bar sogar auf ca. 750 km. Das Handling solcher Drucke wird aber nicht zuletzt durch die Problematik des Pumpens der cryogenen Medien in flüssiger Form erschwert. Das gilt für Erdgas genauso wie für Wasserstoff und auch andere cryogene Medien wie etwa Stickstoff, Sauerstoff, Argon etc.

[0005] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien anzugeben, welche bei Drücken oberhalb von 350 bar mit Flüssiggas im gesättigten Zustand, das heisst bei Null NPSH (net positiv suction head) eine wesentlich längere Standzeit erbringt und gleichzeitig möglichst einfach aufgebaut ist, sodass sie ökonomisch herstellbar ist.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst von einer Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien, bestehend aus einer ersten Kolben-Zylindereinheit zum Pumpen des cryogenen Mediums auf Förderdrücken ab 350 bar, und einer zweiten, zwanghaft gegenläufig zur ersten Kolben-Zylindereinheit wirkenden und ausserhalb derselben angeordneten Kolben-Zylindereinheit zum Speisen der ersten Kolben-Zylindereinheit auf niedrigerem Druck im Fülltakt derselben.

[0007] **[0007]** In der Zeichnung ist eine beispielsweise Ausführung dieser Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien dargestellt. Sie wird nachfolgend anhand dieser Zeichnung beschrieben und ihre Funktion wird erklärt.

Es zeigt:

Fig. 1: die Hochdruckpumpe in einem Längsschnitt;

Fig. 2: die Vorderseite des inneren Teils der Hochdruckpumpe.

[0008] In Fig. 1 ist die Pumpe in einem Längsschnitt gezeigt, welcher den Blick auf ihre wesentlichen Teile freigibt. Sie ist aus Edelstahl gefertigt und von zwei je doppelwandig ausgeführten Edelstahl-Gehäusen 29, 30 eingeschlossen, wobei diese Gehäuse 29, 30 ineinandergesteckt sind, sodass sich ihre Wandungen ein Stück weit überlappen. Die beiden Gehäuse 29, 30 sind mit je einem Flansch 31, 32 ausgerüstet, mittels derer sie zusammenschraubt sind. Vorne führt eine von einem Isolierrohr 33 umfasste Saugleitung 33 in das Innere des Gehäuses 30. Ihre Mündung wird in die zu pumpende

Flüssigkeit getaucht. Oben führt aus dem Inneren dieses Gehäuses 30 eine Bypass-Leitung 34 nach aussen zurück in den Behälter mit der zu pumpenden Flüssigkeit, um überschüssig in die Hochdruck-Pumpe 1 gespiesene Flüssigkeit zurück in den Behälter zu führen. Oben erkennt man den Hochdruckteil 1 der Pumpe, welcher die eigentliche Förderpumpe 1 bildet und unten daran anschliessend den Speisepumpenteil 5. Im gezeigten Beispiel ist die Speisepumpe 5 parallel zur Förderpumpe 1 angeordnet.

[0009] Die Förderpumpe 1 besteht aus einer Kolben-Zylindereinheit mit Zylinder 8 und Kolben 9, wobei der Kolben 9 im Zylinder 8 im Bereich seines vorderen Endes mit einer Anzahl von Hochdruck-Kolbenringen 10 abgedichtet ist. Rechts von der Pumpenkammer 28 ist ein Saugventil 27 gegenüber der dort mündenden Speisebohrung 24 angeordnet. Vom axialen Zentrum des Pumpenkammerbodens führt die Förderbohrung 26 über ein Hochdruck-Einwegventil 25 in die Hochdruck-Förderleitung 4. Seitlich, im Bild nach oben, zweigt noch ein Überströmventil 40 von der Speisebohrung 24 ab. Im hinteren Bereich des Hochdruckkolbens 9 ist dieser über eine Hut-Manschettenpackung 11 abgedichtet. Diese Packung 11 besteht aus zwei Laternenringen 12, zwischen denen eine Anzahl Stützringe 13 angeordnet sind, wobei jeder eine Hutmanschette 14 trägt, wie das in der gesonderten vergrösserten Darstellung unterhalb der Fig. 1 gezeigt ist. Hinter der Hut-Manschettenpackung 11 ist ein Stapel aus Tellerfedern 15 eingebaut, auf die ein Stütz-O-Ring 16 mit Einsatzbüchse 17 drückt, welche vom Deckel 18 abgeschlossen wird. Die Kolbenstange 9 ragt auf der Hinterseite aus der Kolben-Zylindereinheit 1 heraus und wird von dort aus mechanisch bzw. hydraulisch betätigt. Ein Mitnehmerarm 19 oder ein Kupplungsstück verbindet das hintere Ende der Kolbenstange 9 mit der parallel zu ihr angeordneten Kolbenstange 20 der Speisepumpe 5.

[0010] Die Speisepumpe 5 ist in einem Speisepumpenzylinder 21 gelagert und trägt an ihrem vorderen Ende einen Tellerkolben 6, hinter dem ein Tellerventil 22 sitzt. Aussen am Tellerkolben 6, welcher in seinem Teller in Draufsicht nierenförmige Ansaugöffnungen 7 aufweist. Auf seiner Vorderseite sitzt eine Schraube 23 mit kapselförmigem Deckel, um die anströmende Flüssigkeit möglichst nicht zu stören und daher unnötige Turbulenzen zu vermeiden, wenn das zu pumpende Fluid von vorne durch den Tellerkolben 6 strömt. Der Kolben 20 der Speisepumpe ist in seinem vorderen Teil mit einer Anzahl Niederdruck-Kolbenringen 42 abgedichtet, und in seinem hinteren Teil mit einer Hutmanschettenpackung 41.

[0011] Wenn diese Hochdruckpumpe in Betrieb ist, so bewegen sich die beiden Kolben 9; 20 parallel und gleichförmig miteinander. Aus der hier gezeigten Position fahren also beide Kolben 9; 20 nach links. Dabei schliesst das Tellerventil 22 den Tellerkolben 6 kraft des Druckes des in der Speisepumpe 5 befindlichen Fluids, welcher dabei von links auf das Tellerventil 22 wirkt, wenn der Tellerkolben 6 nach links bzw. zurückfährt. Der nun abgedichtete Tellerkolben 6 drückt cryogene Flüssigkeit nach links und pumpt sie durch die Verbindungsbohrung 24 oder Speisebohrung 24 in die Pumpenkammer 28 der Hochdruckpumpe 1 am vorderen Ende des Hochdruckzylinders 8. Die Mündung der Speisebohrung 24 in die Pumpenkammer 28 hinein ist mit einem Saugventil 27 ausgestattet, das dafür sorgt, dass Flüssigkeit dort nur in die Pumpenkammer 28 hinein strömen kann, jedoch nicht heraus. Hinter dem sich nach links bewegenden Tellerkolben 6 und Tellerventil 22 strömt im gleichen Mass wie der Tellerkolben 6 pumpt cryogene Flüssigkeit in die Speisepumpenkammer nach und füllt die Pumpenkammer 43 der Speisepumpe 5. Wenn die Bewegung der Kolbenstangen 9; 20 nach links bzw. die Speisebewegung der Speisepumpe 5 und die Füllbewegung abgeschlossen ist, setzen sich die Kolben 9; 20 in entgegengesetzter Richtung in Bewegung, das heisst sie bewegen sich im Bild von links nach rechts. Jetzt fördert die Hochdruckpumpe 1 auf hohem Druck durch das Hochdruckeinwegventil 25 in die Förderbohrung 26. Gleichzeitig öffnet in der Speisepumpe 5 das Tellerventil 22 den Teller bzw. die nierenförmigen Öffnungen 7 im Teller des Tellerkolbens 6, sodass die Flüssigkeit, die sich vor ihm, das heisst im Bild rechts von ihm befindet, durch ihn bzw. durch seine nierenförmigen Durchlässe 7 hindurch nach hinten, das heisst im Bild nach links durch ihn hindurch strömen kann. Nach Abschluss der Pumpbewegung des Hochdruckkolbens 9 ist der Tellerkolben 6 ganz rechts angelangt und ist bereit für einen neuen Speisetakt zum Befüllen des Hochdruckteils 1 der Pumpe. Beim Pumpen des Hochdruckkolbens 9 gelangt die cryogene Flüssigkeit durch die Förderbohrung 26 nach aussen und dort in die Förderleitung 4, die in der gezeigten Konstruktion um ein U-Stück führt und dann schliesslich in eine Förderleitung 37 übergeht, welche nach oben durch das Gehäuse 29 nach aussen führt. Endseitig ist die Förderleitung 37 mit einem Anschluss-Stutzen 39 ausgerüstet und von einem Isolierrohr 38 umgeben, welches das Gehäuse 29 durchsetzt. Bei der Pumpbewegung des Hochdruckkolbens 9 wird durch den herrschenden hohen Druck das Saugventil 27 geschlossen, sodass keine cryogene Flüssigkeit durch die Verbindungs- bzw. Speisebohrung 24 zurück in die Speisepumpe 5 fließen kann. Sobald der Hochdruckpumpenkolben 9, im Bild ganz rechts, angelangt ist, also in der hier gezeigten Position, so kommt der Fördertakt zum Abschluss. Während des Förderns verschiebt sich der Tellerkolben 6 in der Speisepumpe 5 wie schon beschrieben und öffnet damit das zum Tellerkolben 6 gehörige Tellerventil 22 in der Speisepumpe 5. Dabei wird der Tellerkolben 6 von cryogener Flüssigkeit, die sich zuvor rechts bzw. vor ihm angesammelt hat, durchströmt und sie gelangt dadurch auf die im Bild linke Seite des Tellerkolbens 6 und Tellerventils 22. Wenn der Tellerkolben 6 ganz vorne bzw. im Bild in der Position ganz rechts wie gezeigt angekommen ist, so ist der Raum hinter ihm, das heisst die Pumpenkammer 43 der Speisepumpe 5, mit cryogener Flüssigkeit gefüllt, welche somit bereit ist, bei der nächsten Speisepump-Bewegung des Tellerkolbens 6 und Tellerventils 22 durch die Verbindungs- und Speisebohrung 24 in die Pumpkammer 28 des Hochdruckpumpenzylinders 8 gefördert zu werden. Die Hochdruckpumpe 1 und die Speisepumpe 5 wirken daher gegenläufig, obwohl sich ihre Kolben 6, 9 gleichförmig und parallel miteinander bewegen. Wenn die Speisepumpe 5 jedoch speist, und also gewissermassen fördert, befindet sich die Hochdruckpumpe 1 im Fülltakt, und umgekehrt, wenn die Hochdruckpumpe 1 fördert, wird die Speisepumpe 5 neu gefüllt.

[0012] In Fig. 2 auf der rechten Blattseite sieht man den inneren Teil der Hochdruckpumpe ohne Gehäuse 30 von der Stirnseite her gesehen, also in einer Ansicht von vorne. Der Hochdruckteil 1 der Pumpe ist mit einem Edelstahl-Flansch 2

mit einer Vielzahl von Edelstahl-Schrauben 3 verschlossen. Im Zentrum des Flansches 2 befindet sich die Förderleitung 4 der Pumpe in Form einer Hochdruckleitung aus Edelstahl. Im Bild nach unten versetzt sieht man die Stirnseite der Speisepumpe 5. Man erkennt die Vorderseite oder Aussenseite des Tellerkolbens 6 mit drei um seinen Umfang verteilt angeordneten, nierenförmigen Ansauglöchern 7 in seinem Teller.

[0013] Diese Konstruktion mit den zwei parallel angeordneten Kolbenstangen und Kolben für die Speisepumpe und die eigentliche Hochdruck-Förderpumpe gestattet es, ohne Kolbenringe zwischen diesen beiden Pumpenteilen 1; 5 auszukommen. Versuche zeigten, dass mit einer solchen Pumpenkonstruktion auf Drucken von 350 bis 1000 bar gepumpt werden kann. Mit herkömmlichen Pumpen nach dem Prinzip des EP 0 174 269 beginnt bei 350 bar der kritische Bereich, wo die Leckagen der Kolbenringe zwischen dem Hochdruck- und dem Niederdruckteil stark zunehmen und die Standzeiten mit noch weiter zunehmendem Druck drastisch abnehmen. Bei einem Förderdruck von zum Beispiel 450 bar erbringen die herkömmlichen Pumpen noch Standzeiten von bloss 500 Stunden. Die hier vorgestellte Konstruktion erreicht hingegen bei einem Förderdruck von 300 bar ohne weiteres ca. 2'000 Stunden Standzeit. Die Pumpe eignet sich für alle Arten von cryogenen Medien, und besonders für Drucke ab 350 bar.

[0014] Es ist klar, dass die Pumpe nicht genau so wie hier vorgestellt konstruiert sein muss. Wesentlich ist es aber, dass der Hochdruckteil und der Speisepumpenteil in so einer Weise getrennt voneinander sind, dass dazwischen keine Kolbenringe mehr nötig sind. Die Speisepumpe könnte auch anderswo angeordnet sein und im Wechseltakt mit dem Kolben der Hochdruckpumpe dieselbe speisen. Jedesmal, wenn also der Kolben der Hochdruckpumpe fördert, wird die Speisepumpe neu befüllt, und wenn der Kolben der Hochdruckpumpe zurückfährt, speist die Speisepumpe und füllt damit die Hochdruckpumpe für einen neuen Fördertakt. Die Kolbenstangen der beiden Pumpen sind vorteilhaft mechanisch oder hydraulisch miteinander gekoppelt, brauchen jedoch nicht unbedingt parallel zueinander angeordnet zu sein, wenngleich natürlich diese Konstruktion wie hier vorgestellt besonders elegant und einfach ist. Entscheidend ist die Trennung der beiden Zylinder-Kolbeneinheiten und deren Arbeit im Wechseltakt, bzw. die phasenverschobene Wirkungsweise der beiden Einheiten. Die Kolben der beiden Einheiten können zu diesem Zweck mechanisch und alternativ auch hydraulisch gekoppelt sein.

Patentansprüche

1. Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien, bestehend aus einer ersten Kolben-Zylindereinheit (1) zum Pumpen des cryogenen Mediums auf Förderdrucken ab 350 bar, und einer zweiten, zwanghaft gegenläufig zur ersten Kolben-Zylindereinheit (1) wirkenden und ausserhalb derselben angeordneten Kolben-Zylindereinheit (5) zum Speisen der ersten Kolben-Zylindereinheit (1) auf niedrigerem Druck im Fülltakt derselben.
2. Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kolben-Zylindereinheit (1) zum Fördern parallel zur zweiten Kolben-Zylindereinheit (5) zum Speisen angeordnet ist, dass der Zylinder der Speisepumpe (5) über eine Verbindungs- und Speisebohrung (24) mit der Pumpenkammer (28) des Zylinders (8) der Hochdruckpumpe (1) kommuniziert, und dass die Kolbenstangen (9; 20) der beiden Kolben-Zylindereinheiten (1; 5) mechanisch oder hydraulisch miteinander verbunden sind, sodass sie sich parallel und gleichförmig miteinander hin und her bewegen.
3. Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Kolben-Zylindereinheit (5) zum Speisen eine Kolbenstange (20) aufweist, die am vorderen Ende mit einem Tellerkolben (6) ausgerüstet ist, dessen Teller ihn durchsetzende Ansaug-Öffnungen (7) aufweist, und dass auf der Innenseite des Tellerkolbens (6) ein Tellerventil (22) angeordnet ist, welches bei Druckbeaufschlagung die im Teller des Tellerkolbens (6) angeordneten Ansaug-Öffnungen (7) verschliesst.
4. Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Kolben-Zylindereinheit (5) vom hinteren Ende ihres Zylinders aus über eine Verbindungs- und Speiseleitung (24) mit dem vorderen Ende des Zylinders (8) der ersten Kolben-Zylindereinheit (1) verbunden ist, welche deren Pumpenkammer (28) bildet, wobei an dieser Mündung ein Saugventil (27) angeordnet ist.
5. Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die hinteren Enden der beiden Kolbenstangen über einen Mitnehmerarm (19) oder über ein Kupplungsstück miteinander verbunden sind.
6. Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die hinteren Enden der beiden Kolbenstangen hydraulisch gekoppelt sind.
7. Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Fördervolumen der Speisepumpe (5) grösser ist als jenes der Hochdruckpumpe (1).
8. Hochdruckpumpe für cryogene flüssige Medien nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass von der Speisebohrung (24) über ein Überströmventil (40) eine Leitung zurück in den Behälter mit der zu pumpenden Flüssigkeit führt.

