

⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:
20.12.89

⑤① Int. Cl.: **F 04 D 25/16**

②① Numéro de dépôt: **84402052.9**

②② Date de dépôt: **11.10.84**

⑤④ **Machine de compression d'un fluide, à plusieurs étages de compression en série.**

③③ Priorité: **25.10.83 FR 8317000**

④③ Date de publication de la demande:
05.06.85 Bulletin 85/23

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
20.12.89 Bulletin 89/51

⑥④ Etats contractants désignés:
CH DE GB IT LI

⑤⑥ Documents cités:
EP-A- 0 070 529
EP-A- 0 070 530
DE-A- 1 403 579
DE-B- 1 152 887
FR-A- 2 149 128

Troskolanski: "Kreiselpumpen", 3ème édition 1976, Birkhäuserverlag, page 611
"Technisches Handbuch Verdichter", 3ème édition 1983, VEB Verlag Technik, Berlin, pages 422-427

⑦③ Titulaire: **BERTIN & CIE, Zone Industrielle Les Gâtines Allée Gabriel Voisin, F-78370 Plaisir (FR)**

⑦② Inventeur: **Sagnes, Pierre Ferdinand Jean, 11, rue du Lac La Clairière, F-78120 Rambouillet (FR)**

⑦④ Mandataire: **Ramey, Daniel, Cabinet Ores 6 Avenue de Messine, F-75008 Paris (FR)**

EP 0 143 684 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention concerne une machine de compression d'un gaz, comprenant plusieurs étages de compression en série constitués par des compresseurs de types différents.

Lorsqu'on veut obtenir des débits de gaz de l'ordre de quelques centaines à quelques dizaines de milliers de mètres cubes par heure à une pression comprise entre 100-150 et 300-350 bars environ, il est déjà connu d'associer des compresseurs centrifuges à des compresseurs à pistons alternatifs ou à des compresseurs à vis, le gaz étant comprimé d'abord par les compresseurs centrifuges, puis par les compresseurs à pistons ou à vis. Un tel ensemble de compresseurs peut en particulier produire du gaz comprimé destiné à être injecté dans une nappe pétrolifère (qui peut être souterraine ou sous-marine) pour la récupération assistée du pétrole.

Ce procédé connu d'exploitation d'un gisement pétrolifère se caractérise, entre autres, par une diminution du débit de gaz nécessaire au fur et à mesure de l'extraction du pétrole. Cette diminution de débit constitue un inconvénient majeur lorsque le gaz comprimé est fourni par un ensemble de compresseurs centrifuges et de compresseurs à pistons, ou à vis, car on risque alors d'atteindre la «limite de pompage», en dessous de laquelle se produisent des oscillations de pression très importantes et des vibrations susceptibles de détruire les compresseurs.

On peut éviter ce risque en multipliant le nombre d'étages de compresseurs centrifuges, au prix d'une augmentation correspondante des investissements et des frais de maintenance et de fonctionnement.

En outre, les compresseurs à pistons ou à vis qui sont associés aux compresseurs centrifuges présentent des inconvénients propres: coût et encombrement importants, maintenance fréquente et onéreuse, bruits et vibrations en fonctionnement. Ils doivent de plus être reliés par des boîtes de démultiplication aux moyens moteurs d'entraînement des compresseurs centrifuges.

On connaît par le document FR-2 149 128 une machine de compression de gaz comprenant un étage d'entrée formé par une pompe à anneau liquide et, en aval, un compresseur à canal latéral à un ou plusieurs étages. Ce compresseur aval est calculé uniquement d'après le débit et comprime le gaz indépendamment de sa pression d'aspiration. Ce type de machine n'est donc pas apte à résoudre les problèmes précités.

On connaît également, par le document DE-1 403 579, une turbo-soufflante à deux étages de compression et à deux circuits de fluide, comprenant un étage centrifuge associé à un étage à canal latéral disposé radialement autour de l'étage centrifuge, pour produire un débit de gaz relativement important à une pression relativement élevée. Cette turbo-soufflante ne permet pas non plus de résoudre les problèmes posés plus haut.

L'invention a notamment pour objet une machine de compression d'un gaz, fonctionnant dans la gamme précitée de débits et de pressions, qui ne présente aucun des inconvénients de la technique antérieure.

L'invention a également pour objet une machine de ce type qui soit compacte, unitaire et peu encombrante.

L'invention a encore pour objet une machine de ce type présentant une fiabilité largement supérieure à celle des machines équivalentes de la technique antérieure.

Elle propose à cet effet une machine de compression d'un gaz, destinée en particulier à délivrer un débit de gaz de l'ordre de quelques centaines à quelques dizaines de milliers de mètres cubes par heure à une pression comprise entre 150 et 300 bars environ, comprenant plusieurs étages de compression en série constitués par des compresseurs de types différents, caractérisée en ce que les différents compresseurs comprennent des rotors ayant des diamètres à peu près égaux et qui sont montés sur un même arbre d'entraînement à l'intérieur d'un carter unique, un étage d'entrée étant constitué par au moins un compresseur centrifuge, tandis qu'un étage de sortie est constitué par au moins un compresseur périphérique.

L'association des compresseurs périphériques (qui peuvent être également appelés dans la technique compresseurs à impulsions, compresseurs à récupération, compresseurs à frottement) à des compresseurs centrifuges permet d'obtenir une machine particulièrement compacte dans laquelle les rotors des compresseurs périphériques ont des diamètres à peu près égaux à ceux des rotors des compresseurs centrifuges et peuvent être entraînés à la même vitesse de rotation que les rotors des compresseurs centrifuges, ce qui permet de monter tous les compresseurs sur un même arbre d'entraînement en rotation.

On évite ainsi l'emploi de transmissions à démultiplication.

Par ailleurs, les compresseurs périphériques ne présentent pas de phénomène de pompage quand le débit de fluide diminue et permettent d'obtenir des pouvoirs manométriques plusieurs fois plus élevés que ceux des compresseurs centrifuges.

La machine selon l'invention peut donc comprendre des compresseurs centrifuges qui sont moins chargés que ceux des machines antérieures équivalentes et qui sont moins sensibles au phénomène de pompage, sans que l'on ait à multiplier leur nombre.

Par ailleurs, les compresseurs centrifuges et les compresseurs périphériques montés sur un même arbre d'entraînement peuvent être logés dans un même carter dont éventuellement une seule extrémité est traversée à étanchéité par l'arbre d'entraînement, l'extrémité libre de cet arbre étant reçue avec interposition d'un palier de butée dans un logement borgne de l'autre extrémité du carter.

Avantageusement, l'arbre d'entraînement des compresseurs centrifuges et périphériques de la machine peut être en prise directe avec un moyen moteur approprié, tel qu'une turbine à gaz.

La machine selon l'invention associe ainsi, dans un même carter et sur le même arbre d'entraînement en prise directe avec le moyen moteur, des compresseurs centrifuges et des compresseurs périphériques assurant toute la compression du fluide.

Dans la description qui suit, faite à titre d'exemple, on se réfère aux dessins annexés dans lesquels:

— la figure 1 est une vue schématique illustrant une application de l'invention à la récupération assistée du pétrole;

— la figure 2 est une vue schématique en coupe axiale d'une machine selon l'invention.

On se réfère d'abord à la figure 1 qui représente, à titre d'exemple, une application particulièrement intéressante de l'invention à un procédé de récupération assistée du pétrole.

Ce procédé, connu en lui même, consiste à injecter un gaz sous pression, par exemple du gaz carbonique, dans un gisement pétrolifère 10 qui peut être souterrain ou sous-marin, pour assister la remontée du pétrole vers la surface dans un puits ou un conduit d'extraction 12.

Le gaz utilisé est fourni par une source appropriée 14, par exemple une unité de combustion alimentée par un gisement de gaz naturel, une usine de synthèse d'urée, etc. Le gaz carbonique fourni par la source 14 est à une pression comprise par exemple entre 1 et 20 bars, qui peut être relevée à 150 bars par une station de compression 16 alimentant un gazoduc 18 amenant le gaz comprimé dans la région du gisement pétrolifère. Des stations de recompression 20 sont prévues de place en place sur la gazoduc 18 pour compenser les pertes de charge, par exemple en relevant la pression du gaz carbonique de 80 bars à 150 bars environ. Une station finale de compression 22 fait passer la pression du gaz carbonique de 80 bars à 250 ou 300 bars environ, pour injection dans le gisement pétrolifère 10.

Les débits de gaz carbonique sont typiquement de l'ordre de quelques centaines à quelques milliers de tonnes par jour, et le débit de gaz carbonique comprimé qui doit être injecté dans la nappe pétrolifère diminue progressivement au fur et à mesure de l'exploitation du gisement. Les machines de compression selon l'invention, dont l'une est représentée schématiquement en figure 2, sont particulièrement destinées à équiper les stations 16, 20 et 22.

La machine de la figure 2 comprend un carter unique constitué par un corps tubulaire cylindrique 24 et deux flasques d'extrémités 26 et 28 fixés à étanchéité sur les extrémités du corps 24. Un arbre moteur 30 s'étend axialement dans le corps 24 et est reçu à son extrémité dans un logement borgne 32 du flasque d'extrémité 28, au moyen d'un palier de rotation 34 et d'un palier de butée axiale 36. A son extrémité opposée, l'arbre 30 traverse à étanchéité un passage cylindrique 38

du flasque d'extrémité 26, au moyen de joints d'étanchéité 40, et de paliers de rotation 42. L'extrémité de l'arbre 30 extérieure au carter est entraînée en rotation en prise directe par un moteur approprié, par exemple une turbine à gaz.

Sur la partie de l'arbre 30 intérieure au carter sont fixés les rotors de compresseurs centrifuges C1, C2, ..., formant les étages d'entrée de la machine, et les rotors de compresseurs périphériques P_{n-1} , P_n formant les étages de sortie de la machine qui comprend n étages de compression en série.

Les stators (non représentés) des compresseurs centrifuges C1, C2, ..., et ceux S_{n-1} , S_n des compresseurs périphériques sont contenus dans le corps 24 du carter et sont supportés directement par celui-ci.

Un conduit 44 d'amenée de gaz traverse à étanchéité le corps 24 du carter et aboutit à l'entrée du premier compresseur centrifuge C1. La sortie de ce compresseur C1 est reliée, à l'intérieur du corps 24, à l'entrée du second compresseur centrifuge C2, comme indiqué schématiquement en 46, et ainsi de suite. Chaque fois que nécessaire, par exemple lorsque la température du gaz comprimé atteint 200 °C, on peut prévoir de refroidir le gaz comprimé par passage dans un échangeur de chaleur 48 extérieur au carter de la machine. Pour cela, l'échangeur 48 est relié, au travers du corps 24, à la sortie d'un compresseur et à l'entrée du compresseur suivant, comme indiqué schématiquement en 50 et 52 sur le dessin.

On voit également que la sortie du compresseur périphérique P_{n-1} est reliée à l'entrée du compresseur périphérique P_n comme indiqué schématiquement en 54, et que la sortie de ce compresseur P_n , qui forme le dernier étage de compression de la machine, est reliée à étanchéité à travers le corps 24 au conduit 56 de sortie de la machine.

La structure d'un compresseur centrifuge est bien connue dans la technique et n'a pas à être rappelée ici plus en détail. On rappellera simplement qu'un compresseur périphérique ou compresseur à récupération comprend un rotor R à pales ou aubes a tournant dans une chambre de compression annulaire formée par le stator du compresseur. Dans cette chambre de compression annulaire est fixé un opercule d'étanchéité O présentant une fente traversée avec un jeu faible par les aubes a du rotor R. Les conduits d'entrée et de sortie du fluide débouchent dans la chambre annulaire de compression respectivement de part et d'autre de l'opercule d'étanchéité O.

Avantageusement, les compresseurs centrifuges et les compresseurs périphériques sont montés sur l'arbre moteur 30 de telle sorte que la poussée axiale F1 développée par les compresseurs centrifuges soit opposée à la poussée axiale F2 développée par les compresseurs périphériques, ce qui permet, sinon d'annuler, au moins de réduire la poussée axiale exercée par l'arbre 30 sur la plaque d'extrémité 28 du carter.

Le fonctionnement de la machine découle à l'évidence de ce qui précède:

Les rotors des compresseurs centrifuges et des compresseurs périphériques C1, C2, ..., P_{n-1}, P_n sont entraînés à la même vitesse de rotation par leur arbre commun 30, qui est lui-même entraîné en prise directe par une turbine à gaz ou analogue. Le fluide à comprimer est introduit dans la machine par le conduit 44 traversant le corps 24 du carter, subit une compression par paliers dans les divers étages de compression centrifuges et périphériques et sort de la machine à une pression comprise entre 150 et 300 bars environ.

Les échangeurs de chaleur 48 refroidissent le gaz comprimé chaque fois que nécessaire entre deux étages de compression.

La machine selon l'invention est destinée en particulier à la compression d'un gaz dont le débit varie entre quelques centaines et quelques milliers de tonnes par jour, et est en outre susceptible de diminuer progressivement dans le temps. L'utilisation des compresseurs périphériques en étages de sortie de la machine permet, d'une part, de rendre moins sensibles au phénomène de pompage les compresseurs centrifuges formant les étages d'entrée de la machine et, d'autre part, d'associer dans un même carter et sur un même arbre d'entraînement les divers étages de compression, grâce à l'identité des dimensions et des vitesses de rotation des compresseurs centrifuges et des compresseurs périphériques.

L'invention est également applicable à la fourniture d'un liquide sous pression, par exemple par compression d'un gaz par les compresseurs centrifuges, liquéfaction de ce gaz par passage dans un échangeur de chaleur extérieur à la machine, puis par compression du liquide par les compresseurs périphériques.

On précisera, à titre d'exemple, qu'une machine selon l'invention, équipant la station 22 d'injection de gaz carbonique comprimé dans la nappe pétrolifère 10, est associée à une turbine à gaz fournissant une puissance de l'ordre de quelques mégawatts et entraînant l'arbre 30 à une vitesse de l'ordre de 10 000–12 000 tours par minute, l'arbre 30 ayant un diamètre d'environ 200 mm, les rotors des compresseurs centrifuges et des compresseurs périphériques ayant des diamètres de l'ordre de 400 à 500 mm. Le débit de gaz carbonique alimentant la machine peut être de l'ordre de 800–1000 tonnes par jour, la pression à l'entrée est de l'ordre de 80 bars, la pression à la sortie est de l'ordre de 250–300 bars. Pour des raisons de disponibilité du gaz carbonique et/ou d'économie d'exploitation, un autre gaz, par exemple de l'azote, pourrait être utilisé pour propulser le gaz carbonique.

Revendications

1. Machine de compression d'un gaz, destinée en particulier à délivrer un débit de gaz de l'ordre de quelques centaines à quelques dizaines de milliers de mètres cubes par heure à une pression comprise entre 150 et 300 bars environ, comprenant plusieurs étages de compression en série constitués par des compresseurs de types diffé-

rents, caractérisée en ce que les différents compresseurs (C1, C2, ... P_{n-1}, P_n) comprennent des rotors ayant des diamètres à peu près égaux et qui sont montés sur un même arbre d'entraînement (30) à l'intérieur d'un carter unique (24, 26, 28), un étage d'entrée étant constitué par au moins un compresseur centrifuge (C1, C2), tandis qu'un étage de sortie est constitué par au moins un compresseur périphérique (P_{n-1}, P_n).

2. Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que les compresseurs (C1, C2, ..., P_{n-1}, P_n) sont montés sur ledit arbre (30) de telle sorte que la poussée axiale (F1) développée par le ou les compresseurs centrifuges (C1, C2) soit opposée à la poussée axiale (F2) développée par le ou les compresseurs périphériques (P_{n-1}, P_n).

3. Machine selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'une extrémité de l'arbre (30) d'entraînement des compresseurs est reçue, par l'intermédiaire d'un palier de butée (36), dans un logement borgne (32) d'une paroi d'extrémité (28) du carter.

4. Machine selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'arbre (30) d'entraînement des compresseurs est en prise directe avec l'arbre de sortie d'un moyen moteur, tel qu'une turbine à gaz.

5. Machine selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que des échangeurs de chaleur (48) pour le refroidissement du gaz comprimé sont prévus entre certains au moins des étages de compression, extérieurement au carter (24, 26, 28) précité.

6. Machine selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le gaz précité est du gaz carbonique.

7. Machine selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle est utilisée pour la compression et le transport d'un gaz à injecter dans un gisement pétrolifère souterrain ou sous-marin pour la récupération assistée du pétrole.

Claims

1. A machine for compressing a gas, the machine being intended in particular for delivering a gas flow rate of a few hundred to several tens of thousands of m³ per hour at a pressure lying in the range of about 150 bars to about 300 bars, and comprising a plurality of different types of compressor stage in series, the machine being characterized in that the various compressors (C1, C2, ..., P_{n-1}, P_n) comprise rotors of much the same diameter mounted on a common shaft (30) inside a single housing (24, 26, 28), an inlet stage being constituted by at least one centrifugal compressor (C1, C2), while an outlet stage is constituted by at least one peripheral compressor (P_{n-1}, P_n).

2. A machine according to claim 1, characterized in that the compressors (C1, C2, ..., P_{n-1}, P_n) are mounted on the said shaft (30) in such a manner that the axial thrust (F1) developed by the centrifugal compressor(s) (C1, C2) opposes the axial thrust (F2) developed by the peripheral compressor(s) (P_{n-1}, P_n).

3. A machine according to claim 1 or 2, characterized in that one end of the compressor drive shaft (30) is received by means of a thrust bearing (36) in a blind recess (32) in an end wall (28) of the housing.

4. A machine according to any one of claims 1 to 3, characterized in that the compressor drive shaft (30) is directly coupled to the output shaft of drive means such as a gas turbine.

5. A machine according to any one of claims 1 to 4, characterized in that heat exchanger means (48) are provided outside the said housing (24, 26, 28) for cooling the compressed gas at least between some pairs of compression stages.

6. A machine according to any preceding claim, characterized in that the said gas is carbon dioxide gas.

7. A machine according to any preceding claim, characterized in that it is used to convey and to compress gas for injecting into an on- or off-shore oil field for assisted oil recovery.

Patentansprüche

1. Verdichtervorrichtung für ein Gas, die insbesondere bestimmt ist, einen Gasdurchfluß der Ordnung vor einigen hundert bis einigen zehntausenden Kubikmetern pro Stunde bei einem Druck von ungefähr zwischen 150 und 300 bar zu liefern, mit mehreren Verdichterstufen in Serie, die durch Verdichter verschiedener Typen gebildet werden, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen Verdichter (C1, C2, ..., Pn-1, Pn) Rotoren aufweisen, die ungefähr gleiche Durchmesser besitzen und die auf einer und derselben Antriebswelle (30) im Inneren eines Einheitsgehäuses (24, 26, 28) montiert sind, eine Eintrittsstufe

von zumindest einem Radialverdichter (C1, C2) gebildet wird, wogegen eine Austrittsstufe von zumindest einem Peripheralverdichter (Pn-1, Pn) gebildet wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdichter (C1, C2, ..., Pn-1, Pn) auf der Welle (30) derart montiert sind, daß der axiale Schub (F1), welcher durch den oder die Radialverdichter (C1, C2) entwickelt wird, entgegengesetzt dem axialen Schub (F2) ist, welcher durch den oder die Peripheralverdichter (Pn-1, Pn) entwickelt wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende der Antriebswelle (30) der Verdichter über ein Längslager (36) in einem Blindlager (32) einer Stirnwand (28) des Gehäuses aufgenommen wird.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Antriebswelle (3) der Verdichter in unmittelbarem Eingriff mit der antreibenden Welle eines Antriebsmittels, wie einer Gasturbine, befindet.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß Wärmetauscher (48) für das Abkühlen des verdichteten Gases zwischen zumindest gewissen der Verdichterstufen außerhalb des Gehäuses (24, 26, 28) vorgesehen sind.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas Kohlendioxid ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie für das Verdichten und den Transport eines Gases zum Einblasen in eine unterirdische oder unterseeische Erdöllagerstätte für die unterstützte Gewinnung des Erdöls verwendet wird.

40

45

50

55

60

65

5

FIG. 1

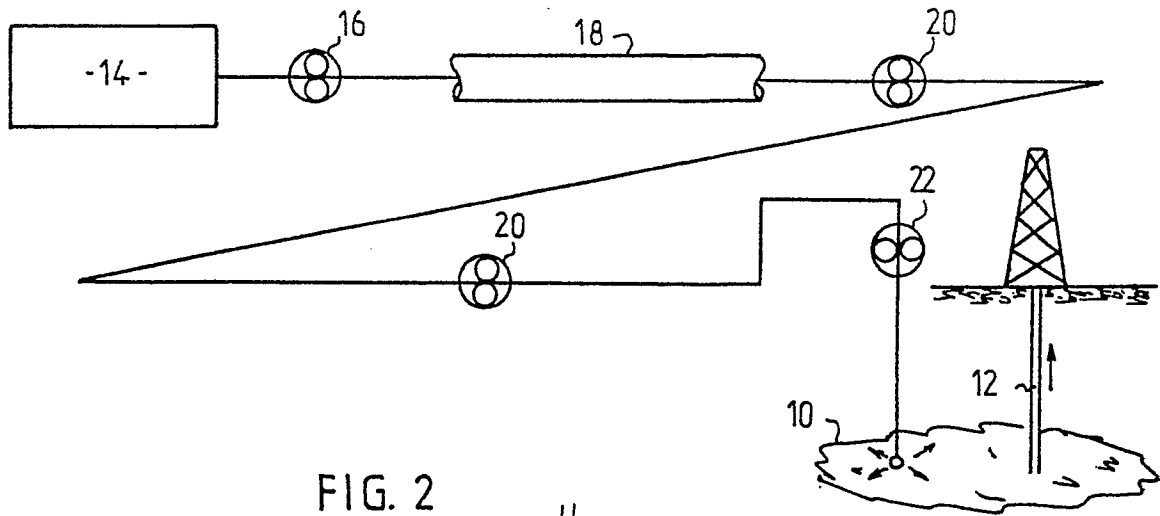


FIG. 2

