

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: **89400452.2**

⑤① Int. Cl.4: **F 04 C 29/00**

㉔ Date de dépôt: **17.02.89**

③① Priorité: **23.02.88 FR 8802115**

④③ Date de publication de la demande:
30.08.89 Bulletin 89/35

⑧④ Etats contractants désignés:
DE ES FR GB IT SE

⑦① Demandeur: **Zimmern, Bernard**
6 New Street
East Norwalk, CT 06855 (US)

⑦② Inventeur: **Zimmern, Bernard**
6 New Street
East Norwalk, CT 06855 (US)

Kallmann, Ernest
79 Boulevard Koenig
F-92200 Neuilly-sur-Seine (FR)

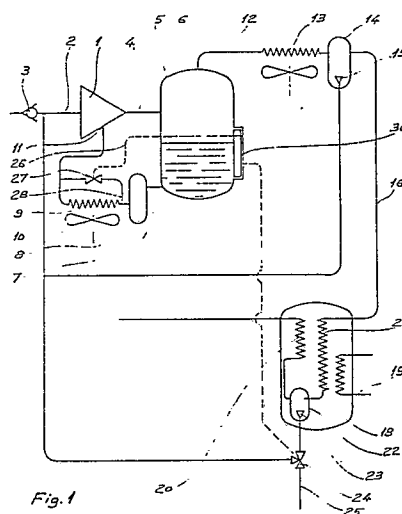
⑦④ Mandataire: **Bouju, André**
Cabinet Bouju 38 avenue de la Grande Armée
F-75017 Paris (FR)

⑤④ Ensemble de compression d'air à compresseur rotatif sans huile, et procédé s'y rapportant.

⑤⑦ Un compresseur rotatif (1) refoule vers un réservoir (5) et la pression régnant ainsi dans le réservoir (5) refoule un liquide (6) vers un trou d'injection (11) du compresseur, à travers un filtre (8) et un refroidisseur (9). Le liquide assure l'étanchéité interne du compresseur. Il est mis sous pression dans le compresseur, et séparé par gravité dans le réservoir (5), renouvelant ainsi le liquide (6).

Le liquide (6) est une solution aqueuse de borate, de préférence du tétraborate dipotassium tétrahydrate.

Utilisation pour produire de l'air comprimé sans huile, sans corrosion du compresseur par l'eau, ni de développement des bactéries dans l'eau, ni de départ important du borate avec l'air comprimé.



Description

Ensemble de compression d'air à compresseur rotatif sans huile, et procédé s'y rapportant

La présente invention concerne un ensemble de compression d'air, comprenant un compresseur rotatif fonctionnant "sans huile". Par "sans huile", on veut dire que l'huile n'est pas utilisée comme moyen pour étanchéiser la ou les chambres de compression.

La présente invention concerne également un procédé pour comprimer de l'air au moyen d'un compresseur rotatif.

Il est connu de réaliser des compresseurs sans huile de type rotatif, en utilisant des compresseurs à double vis, dont les deux rotors sont synchronisés par des engrenages externes, afin qu'ils n'entrent pas en contact l'un avec l'autre.

Néanmoins, afin d'obtenir un rendement suffisant, et plus particulièrement de limiter le débit relatif des fuites, alors que rien n'assure l'étanchéité à l'égard des fuites entre les rotors, il est nécessaire de faire tourner les rotors à grande vitesse, de l'ordre de 10 000 tours/minute, ce qui rend ces compresseurs très bruyants; le débit s'en trouve simultanément accru et, en conséquence, s'il s'agit de fournir de l'air à une pression de refoulement de 7 à 8 bars, il est difficile de fabriquer des compresseurs de ce type, dont la puissance soit inférieure à 50 ou 100 chevaux (35 ou 70 kW). Ces compresseurs sont également très coûteux du fait que les engrenages de synchronisation des rotors doivent être noyés dans l'huile et isolés des rotors par des joints d'étanchéité.

Une solution pour pallier cette difficulté et pour obtenir des compresseurs plus petits mais de bon rendement est d'injecter de l'eau dans la chambre de compression; les compresseurs sont alors rendus silencieux et les fuites étanchées, ce qui autorise des vitesses beaucoup plus faibles.

Certains compresseurs double vis et même des compresseurs monovis -comme décrits par exemple dans les brevets d'invention français n° 1 331 998 et 1 586 832-ont été vendus et sont vendus avec une telle injection d'eau remplaçant l'injection d'huile. L'avantage de l'injection d'eau est qu'elle n'ajoute dans l'air aucun produit supplémentaire, l'huile par exemple, l'eau existant sous la forme d'humidité dans l'air aspiré; de ce fait, l'air comprimé peut être désignée comme air sans huile.

Néanmoins, de tels compresseurs restent très coûteux, devant être protégés contre la corrosion; ceci implique que, premièrement, les matériaux utilisés pour la fonderie, les vis, etc., doivent être inoxydables -comme le bronze- ou protégés contre la corrosion -par exemple par nickelage-. Deuxièmement, les paliers doivent être protégés de l'eau et lubrifiés à la graisse ou à l'huile si ce sont des paliers antifriction standards tels que des roulements à billes ou à rouleaux.

De tels compresseurs finissent ainsi par ne pas être meilleur marché que les compresseurs standards sans huile tels que les compresseurs à piston avec des segments en polytétrafluoréthylène, c'est-à-dire, ils rentent au moins 50 à 80% plus chers que

les compresseurs à injection d'huile.

Ce surcoût a énormément limité l'usage de tels compresseurs sans huile, dont la part du marché des compresseurs à air n'excède pas 10-15%. Si le coût était identique, les compresseurs sans huile détiendraient quelques 60% de ce marché, puisque c'est déjà le pourcentage du marché occupé par des appareils associant un sécheur à un compresseur, combinaison où, manifestement les utilisateurs sont à la recherche d'air propre.

Le but de la présente invention est ainsi de proposer un compresseur rotatif et un procédé permettant de comprimer de l'air sans utiliser d'huile pour l'étanchéité ni recourir à des solutions dont le coût est prohibitif.

Suivant un premier aspect de l'invention, l'ensemble de compression d'air, comprenant un compresseur rotatif dont le refoulement est relié à un réservoir partiellement rempli d'eau, la partie inférieure de ce réservoir étant reliée par une conduite à au moins un trou d'injection, situé sur le compresseur rotatif, cette conduite étant pourvue d'un moyen pour refroidir l'eau, est caractérisé en ce que l'eau contient en solution du borate, à une concentration suffisante pour éviter la corrosion des métaux ferreux par l'oxygène.

Selon un second aspect de l'invention, le procédé pour comprimer de l'air dans un compresseur rotatif comprend les étapes consistant à:

- injecter un liquide dans le compresseur ;
- séparer ce liquide de l'air comprimé fourni par le compresseur ;
- utiliser le liquide séparé pour poursuivre l'injection de liquide dans le compresseur, caractérisé en ce qu'on utilise comme liquide de l'eau additionnée de borate en solution.

Il a été en effet trouvé qu'en ajoutant simplement du borate et en particulier du borate de sodium ou du borate de potassium dans l'eau, le même compresseur utilisé pour la compression d'air avec injection d'huile, peut également être utilisé pour la compression d'air avec injection d'eau; en d'autres termes, cette huile peut être remplacée par de l'eau contenant du borate et il n'est pas nécessaire de remplacer les matériaux de la fonderie ou de la vis-rotor, habituellement de la fonte, par des matériaux inoxydables, ou de changer la matière des conduits, du réservoir sous pression, etc. pour les protéger de la corrosion. De ce fait, le coût des compresseurs sans huile est rendu voisin de celui des compresseurs à injection d'huile, permettant ainsi un usage beaucoup plus répandu de l'air sans huile.

Il a été en outre découvert, qu'en raison de la très basse tension de vapeur du cristal de borate, le débit du borate quittant le compresseur avec l'air comprimé est insignifiant et que de ce fait, il était possible de faire fonctionner très longtemps le compresseur selon l'invention sans avoir à rajouter du cristal. Ceci est un avantage important par rapport aux inhibiteurs de corrosion liquides,

comme les huiles solubles ou les produits appelés 5-95; ces liquides ont une tension de vapeur non négligeable; au cours des tests effectués, il a été impossible de faire fonctionner pendant plus de 100 heures un compresseur utilisant un tel liquide sans avoir à rajouter de l'inhibiteur; ceci rend ces liquides inutilisables, premièrement, à cause du coût du liquide qu'il faut fréquemment ajouter, deuxièmement à cause des problèmes techniques posés par le rechargement en temps voulu pour éviter toute corrosion.

Il a été également découvert que les inhibiteurs liquides font mousser l'eau et qu'il est difficile d'éviter cette formation de mousse: il faut alors utiliser des systèmes centrifuges coûteux ou des éléments coalesceurs; de plus, lorsque l'on arrête le compresseur, la pression du réservoir tombe à la pression atmosphérique; l'air dissous dans l'eau produit des bulles et avec de tels inhibiteurs liquides on obtient instantanément une formation très importante de mousse qui part dans la conduite d'air comprimé à moins que, pour éviter ce départ, on ait prévu un réservoir grand et cher. Au contraire, les solutions aqueuses de borate ne produisent pas de mousse et se comportent, à cet égard, comme de l'eau.

Il a été également découvert que les gouttelettes microscopiques contenant du borate qui s'échappent du réservoir d'eau, quelle que soit leur taille, vont dans le sécheur et se retrouvent donc finalement dans l'eau condensée normalement déversée dans l'égout; la concentration de borate dans cette eau condensée est très faible, de l'ordre d'une fraction de pourcent; une fois diluée dans l'eau de l'égout, cette concentration devrait accroître de façon non significative la teneur en borate, le borate existant déjà dans les eaux à l'état naturel; ainsi, le fait de déverser cette quantité de borate dans l'égout ne présente aucun danger pour l'environnement.

Il a été également découvert que, contrairement aux autres cristaux inhibiteurs, comme les chromates, les nitrites, les phosphates ou les silicates, les borates ne sont pas instables en présence d'oxygène et jusqu'à certains seuils, ne sont pas dangereux pour la santé.

Au contraire, il a été trouvé que comme les solutions aqueuses contenant du borate sont légèrement basiques avec un pH autour de 9, elles empêchent la croissance des bactéries ou détruisent celles-ci. L'un des problèmes ayant jusqu'à présent fortement limité l'utilisation de compresseurs à injection d'eau est précisément que l'eau, tiède ou chaude quand le compresseur fonctionne, favorise le développement rapide des bactéries; ceci oblige à renouveler constamment l'eau et à éliminer l'eau polluée. Ceci est coûteux et crée d'autres problèmes tels que la formation de tartre. Avec le borate en solution, l'analyse révèle une absence totale de bactéries après des milliers d'heures de fonctionnement.

De plus, les bactéries aspirées avec l'air par le compresseur sont, en grande partie, tuées par le passage dans le compresseur. Au cours d'un essai, on a trouvé que de l'air contenant, à l'aspiration, 60

bactéries par mètre cube contenait moins de six bactéries par mètre cube après compression accompagnée d'injection d'une solution aqueuse de borate.

5 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description ci-après et du dessin annexé, donné à titre d'exemple non limitatif et où la figure représente la structure d'un ensemble de compression d'air, conforme à l'invention.

10 La figure représente un compresseur 1, entraîné par un moteur non représenté, aspirant l'air par une conduite 2 et un clapet anti-retour 3 qui se ferme lorsque le compresseur est inutilisé.

15 Le compresseur est de type rotatif et de préférence à vis unique, tel que décrit dans les brevets français n° 1 331 998 ou 1 586 832.

20 Le compresseur refoule dans la conduite 4, reliée au réservoir 5, qui contient un liquide représenté en 6. Lorsque le réservoir 5 est mis sous pression par le compresseur, le liquide 6 sort par la conduite 7 et passe par un filtre 8 et par un échangeur de chaleur 9 où il est refroidi, dans cet exemple, par de l'air véhiculé par un ventilateur 10 (mais il pourrait être refroidi par d'autres moyens tels que de l'eau). Le liquide est ensuite injecté dans le compresseur par au moins un orifice 11, où il est recomprimé avec le gaz, puis séparé par gravité dans le réservoir 5. L'orifice 11 est ménagé à travers le carter du compresseur de manière à communiquer avec la ou chaque chambre de compression lorsqu'elle est soumise à une pression inférieure à la pression de refoulement. Ainsi, l'injection a lieu en raison de la pression de refoulement qui règne dans le réservoir 5.

35 L'air comprimé quitte le réservoir 5 par la conduite 12, reliée à un post-refroidisseur 13, suivi par un réservoir 14. Dans ce réservoir 14, les condensats de vapeur peuvent être séparés du flux d'air, et, de façon conventionnelle telle que par une vanne à flotteur 15, peuvent être retournés à l'aspiration du compresseur. Le gaz refroidi emprunte alors la conduite 16 puis rejoint le sécheur 17, constitué, par exemple, d'un serpentin 18, refroidi par un réfrigérant circulant dans un serpentin 19. Une partie des calories du gaz est transférée d'un serpentin 20 à la première partie 21 du serpentin 18. Un séparateur 22, avec une vanne à flotteur 23 retourne tous les condensats à une vanne trois voies 24, actionnée par le niveau 30 du réservoir 5. Lorsque le niveau est inférieur à un premier seuil, ou seuil bas, la vanne trois voies 24 est positionnée pour retourner les condensats à l'aspiration du compresseur; sinon, ils sont envoyés à l'égout par la conduite 25. Lorsque le niveau du réservoir dépasse un second seuil, ou seuil haut, un capteur, par la ligne 26, commande l'ouverture de la vanne 27, de sorte que l'ensemble ou une partie de l'échangeur 9 est court-circuité par la conduite 28. Un tel système a été décrit dans le brevet n° 2 171 653.

60 A l'exception des différences évoquées plus loin, ce système est très traditionnel, et a été utilisé pendant des années avec de l'huile, et même de l'eau avec plusieurs variantes: on peut par exemple utiliser une pompe pour véhiculer l'eau, au lieu de la pression d'air de refoulement, installer ou non dans

le réservoir un élément coalesceur pour débarasser l'air comprimé des petites gouttelettes laissées dans le gaz, etc. Toutes ces variantes peuvent être utilisées sans changer la nature de l'invention.

Les principales différences notamment entre le système décrit et un système conventionnel dans lequel l'huile serait le liquide représenté en 6 sont essentiellement:

- il est prévu le court-circuit 28, pour maintenir la concentration de borate dans l'eau, conformément au brevet français n° 2 171 653;

- l'échangeur de chaleur 9 est plus grand pour limiter la température de l'eau et diminuer la formation de vapeur quand l'eau est injectée dans le compresseur, car une telle vapeur diminue le volume utile aspiré et en conséquence le rendement. Le borate étant basique, et attaquant par conséquent l'aluminium, il faut utiliser un échangeur de chaleur en cuivre ou en acier mais il s'est avéré que le coût des échangeurs de chaleur en aluminium, en cuivre ou en acier est pratiquement identique;

- l'élément coalesceur, habituellement disposé dans le réservoir 5 pour éliminer le "brouillard d'huile", peut être, soit éliminé (la tension de surface de l'eau étant plus élevée, les gouttelettes sont plus grosses et peuvent être collectées plus facilement), soit remplacé par un système de chicanes très simple;

- les paliers à roulement sont remplacés par des paliers lisses, en particulier des paliers au carbone, capables de fonctionner dans l'eau et dont le coût, au moins pour les compresseurs à vis unique qui ne produisent que de très faibles charges sur les paliers, est comparable à celui des paliers à roulement lubrifiés à l'huile.

Par ailleurs, les deux ensembles sont identiques, pouvant tous les deux utiliser les mêmes matériaux ferreux pour la fonderie, les paliers, les conduites, le réservoir, aucun d'eux ne nécessitant une protection particulière.

Puisque le borate est un cristal peu onéreux et puisqu'il est utilisé en général avec un pourcentage inférieur à 10% et bien que l'eau ait besoin d'être désionisée (sinon le borate précipiterait le carbonate de calcium), le liquide reste moins cher que la recharge d'huile requise dans les compresseurs à huile.

Dans l'ensemble, le coût des deux systèmes est identique à quelques pourcents près, avec de plus l'avantage que les pièces sont en grande partie les mêmes, ce qui réduit les stocks et permet d'envisager le lancement d'une production de machines sans huile moyennant un coût d'étude et d'investissement modéré.

Si l'ensemble de compression d'air est destiné à être utilisé avec des températures inférieures à 0°C, il faut faire appel à une protection particulière comme un chauffage électrique placé à la partie inférieure de l'ensemble, et qui se déclenche quand la température devient inférieure à une valeur déterminée, afin d'éviter la formation de glace dans le circuit.

Il a été trouvé que le borate de sodium, communément appelé borax, à une concentration de 4 à 5%, était suffisant pour éviter toute corrosion. Néanmoins, il est préféré selon l'invention d'utiliser le

borate de potassium et en particulier le tétraborate dipotassium tétrahydrate $K_2O.2B_3.4H_2O$, à cause de sa grande solubilité dans l'eau, de sorte qu'il puisse y avoir quelques pertes sans pour cela courir le risque d'une quelconque corrosion. Avec le borate de sodium, qui a une moins grande solubilité, une concentration aussi élevée est possible quand l'eau est chaude, mais des cristaux apparaissent au refroidissement; de tels cristaux, véhiculés avec le liquide pourraient endommager le compresseur au démarrage. Donc le borate de sodium présente le désavantage que sa concentration maximum pour éviter les cristaux est peu supérieure à la concentration minimum pour éviter la corrosion, ce qui ne laisse qu'une faible marge.

Egalement, lorsque le compresseur est à l'arrêt, si l'aspiration n'était pas fermée par un moyen 3, par exemple clapet anti-retour ou une vanne à commande pneumatique ou électrique, le compresseur sècherait à l'arrêt et les cristaux de borate feraient coller la vis au carter d'où un démarrage difficile et des problèmes mécaniques.

Il est possible d'éliminer l'eau laissée dans le compresseur, par exemple en laissant s'échapper l'air du réservoir 5 à travers le compresseur 1 après l'arrêt. Mais fermer l'aspiration lorsque le compresseur est à l'arrêt, comme proposé plus haut, est beaucoup plus simple; quel que soit le liquide restant dans le compresseur, celui-ci ne peut s'assécher.

Au cours des essais, il a été trouvé qu'avec des concentrations de borate de potassium entre 5 et 10%, aucune trace de rouille n'apparaissait dans le compresseur ou les tuyauteries; l'eau ne moussait pas davantage que sans borate, d'où un comportement très différent de celui observé avec les inhibiteurs de corrosion de type liquide; pour un compresseur d'air de 20 chevaux (environ 15 kW) refoulant à 7 bars relatifs, les quantités de borate entraînées avec l'air comprimé jusqu'au sécheur se sont avérées très faibles: la concentration du condensat de borate dans l'eau produite par le sécheur 17 était inférieure à 0,5%.

Aucun de ces résultats n'a été atteint avec d'autres inhibiteurs; tous les inhibiteurs liquides essayés, ou auxquels on peut penser, présentent une tension de vapeur et un entraînement par la vapeur dans l'air comprimé tels qu'ils privent en quelques heures l'eau de son inhibiteur; le compresseur devient alors sujet à la corrosion; ou bien il faut effectuer des recharges onéreuses et ajouter un système de contrôle de la teneur minimum en inhibiteur.

D'autres inhibiteurs solides comme le chromate de sodium, représentent un danger pour la santé, ou ne sont pas stables avec le temps, en présence d'oxygène.

Ainsi, le borate et plus particulièrement le borate de potassium apparaît être la seule solution résolvant le problème.

De plus, il a l'avantage inattendu de tuer les bactéries, évitant les développements bactériologiques dans le réservoir, et permettant de délivrer un air comprimé hygiéniquement plus propre que l'air aspiré.

Revendications

1. Ensemble de compression d'air, comprenant un compresseur rotatif (1) dont le refoulement est relié à un réservoir (5) partiellement rempli d'eau, la partie inférieure de ce réservoir étant reliée par une conduite (7) à au moins un trou d'injection (11) situé sur le compresseur rotatif, cette conduite étant munie d'un moyen (10) de refroidir l'eau, caractérisé en ce que l'eau contient en solution du borate, à une concentration suffisante pour éviter la corrosion des métaux ferreux.

2. Ensemble de compression d'air selon la revendication 1, caractérisé en ce que le borate est un borate de potassium.

3. Ensemble de compression d'air selon la revendication 1, caractérisé en ce que le borate est un tétraborate dipotassium tétrahydrate.

4. Ensemble de compression d'air selon la revendication 1, caractérisé en ce que des moyens d'obturation (3) sont situés sur la ligne

d'aspiration (2) du compresseur pour fermer l'aspiration lorsque le compresseur est au repos.

5. Procédé pour comprimer de l'air dans un compresseur rotatif comprenant les étapes consistant à:

- injecter un liquide dans le compresseur (1);
- séparer ce liquide de l'air comprimé fourni par le compresseur (1);

- utiliser le liquide séparé pour poursuivre l'injection de liquide dans le compresseur, caractérisé en ce qu'on utilise comme liquide de l'eau additionnée de borate en solution.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on utilise comme borate du borate de potassium.

7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on utilise comme borate du tétraborate dipotassium tétrahydrate.

8. Procédé selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce qu'on obture l'aspiration (2) du compresseur (1) lorsque le compresseur est à l'arrêt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

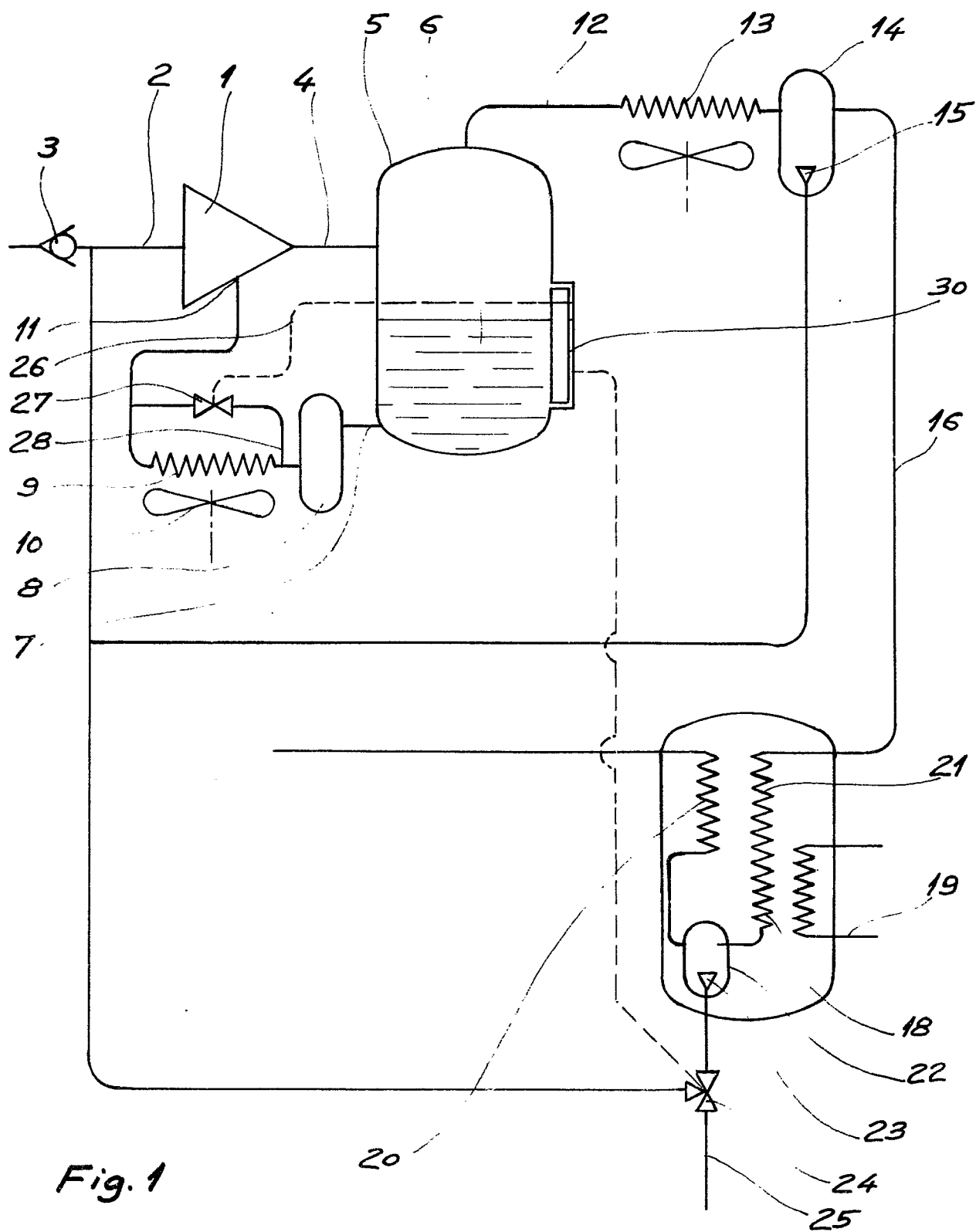


Fig. 1



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
A	GB-A- 846 390 (HOWDEN) * Page 2, lignes 58-64; page 3, lignes 7-31; figure 2 * ----	1,5	F 04 C 29/00
A	US-A-4 534 873 (CLARK) * Colonne 1, lignes 6-10; colonne 3, lignes 14-32 * ----	1	
A	US-A-4 409 113 (BERTELL) * Colonne 1, lignes 20-28; colonne 3, lignes 48-52; colonne 4, lignes 13-20 * ----	1	
A	DD-A- 219 033 (HÄRTOL) * Page 1, revendication 2, lignes 33-40; page 2, exemple 3 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			F 04 C 29/00 F 16 N 15/00
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 31-05-1989	Examineur KAPOULAS T.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			