



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1006334A3

NUMERO DE DEPOT : 09200547

Classif. Internat. : C21B F25J

Date de délivrance le : 26 Juillet 1994

**Le Ministre des Affaires Economiques,**

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété industrielle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 11 Juin 1992 à 15H15 à l'Office de la Propriété Industrielle

**ARRETE:**

ARTICLE 1.- Il est délivré à : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE  
quai d'Orsay 75, PARIS(FRANCE)

représenté(e)(s) par : DE PALMENAER Roger, BUREAU VANDER HAEGHEN, Rue Colonel Bourg 108A,- B 1040 BRUXELLES.

un brevet d'invention d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE D'ALIMENTATION D'UN HAUT-FOURNEAU EN AIR ENRICHI EN OXYGENE, ET INSTALLATION DE REDUCTION DE MINERAL DE FER CORRESPONDANTE.

INVENTEUR(S) : Grenier Maurice, rue Camille Tahan 3, Paris (FR)

PRIORITE(S) 12.06.91 FR FRA 9107161

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Bruxelles, le 26 Juillet 1994  
PAR DELEGATION SPECIALE :

WUYTS L  
Directeur

Procédé d'alimentation d'un haut-fourneau en air enrichi en oxygène, et installation de réduction de minerai de fer correspondante

La présente invention est relative à l'alimentation des hauts-fourneaux en air enrichi en oxygène. Elle concerne en premier lieu un procédé d'alimentation d'un haut-fourneau en air enrichi en oxygène, du type dans lequel on dérive vers un appareil de séparation d'air une fraction désirée du débit d'air sortant d'au moins une soufflante du haut-fourneau, et l'on envoie vers le haut-fourneau l'oxygène produit par cet appareil de séparation.

L'utilisation d'air enrichi dans les hauts-fourneaux permet de réduire la consommation de coke par ajout de combustibles tels que le gaz naturel, le fuel ou le charbon pulvérisé. Divers procédés ont été proposés pour faire fonctionner les hauts-fourneaux avec des teneurs moyennes en oxygène de l'air enrichi comprises entre 30 et 95%.

Dans des solutions connues, pour enrichir l'air, on produit séparément de l'oxygène pur, généralement à une pureté de 85 à 95% environ, et l'on injecte cet oxygène soit en amont de la soufflante du haut-fourneau, si la teneur de l'air enrichi ne dépasse pas 30%, soit, dans le cas contraire, dans l'air injecté dans le haut-fourneau ou directement dans des tuyères spécialisées.

Une solution plus souple et plus rationnelle consiste à mettre en oeuvre un procédé du type précité. Le JP-A-139 609/1986 décrit un tel procédé, dans lequel l'oxygène produit est envoyé à l'aspiration de la soufflante. Ce document envisage également d'envoyer cet oxygène au refoulement de la soufflante, mais sans indiquer de moyens économiques pour cela.

L'invention a pour but de fournir un procédé particulièrement souple et économique d'alimentation

d'un haut-fourneau en air enrichi à une teneur variable, dans lequel l'oxygène produit par l'appareil de séparation est directement disponible à la pression nécessaire pour son utilisation dans le haut-fourneau.

5                   A cet effet, l'invention a pour objet un procédé du type précité, caractérisé en ce qu'on utilise comme appareil de séparation d'air un appareil de distillation d'air comportant une colonne de mélange fonctionnant sous une pression supérieure, notamment de  
10   1 bar environ, à la pression de refoulement de la soufflante, cette colonne de mélange étant alimentée en tête par de l'oxygène liquide et en cuve par de l'air, le gaz de tête de cette colonne constituant ledit oxygène.

15                   Suivant d'autres caractéristiques :

- on surpresse l'air envoyé à la colonne de mélange au moyen d'une soufflante auxiliaire entraînée par une turbine de maintien en froid de l'appareil de distillation;

20                   - on alimente avec ladite fraction d'air à la pression de refoulement de la soufflante du haut-fourneau la colonne de distillation de l'appareil de distillation qui fonctionne à la plus haute pression;

                  - on mélange au moins une partie de l'oxygène  
25   produit par l'appareil de séparation à la fraction d'air non dérivée, soit en amont, soit en aval des appareils de préchauffage d'air du haut-fourneau;

                  - on envoie directement dans le haut-fourneau au moins une partie de l'oxygène produit par l'appareil  
30   de séparation d'air.

                  L'invention a également pour objet une installation de réduction de minerai de fer destinée à la mise en oeuvre d'un tel procédé. Cette installation, du type comprenant un haut-fourneau, au moins une  
35   soufflante d'alimentation en air de ce dernier, un appa-

reil de séparation d'air disposé en dérivation sur la conduite de refoulement de la soufflante, et une conduite d'enrichissement destinée à l'envoi vers le haut-fourneau de l'oxygène produit par l'appareil de séparation, est  
5 caractérisée en ce que l'appareil de séparation d'air est un appareil de distillation qui comporte une colonne de mélange fonctionnant sous une pression supérieure, notamment de 1 bar environ, à la pression de refoulement de la soufflante, cette colonne de mélange étant ali-  
10 mentée en tête par de l'oxygène liquide et en cuve par de l'air et ladite conduite d'enrichissement partant du sommet de cette colonne.

Un exemple de mise en oeuvre de l'invention va maintenant être décrit en regard des dessins annexés,  
15 sur lesquels :

- la Figure 1 représente schématiquement une installation de réduction de minerai de fer conforme à l'invention; et

- la Figure 2 représente schématiquement un  
20 appareil de distillation d'air utilisé dans cette installation.

On a représenté à la Figure 1 une installation de réduction de minerai de fer comprenant un haut-fourneau 1 muni d'appareils de préchauffage d'air ou  
25 Coopers 2, de deux soufflantes 3 montées en parallèle et d'un appareil 4 de distillation d'air.

Les soufflantes 3 délivrent de l'air sous environ 6 bars absolus dans une même conduite de refoulement 5 conduisant aux Coopers 2. Une conduite d'in-  
30 jection 6 reliant ces derniers à des tuyères à air (non représentées) du haut-fourneau complète le circuit principal d'air de l'installation.

L'appareil de distillation 4 est placé en dérivation sur le circuit d'air 5, 6. Il est alimenté par  
35 une conduite de piquage 7 partant de la conduite 5 et

munie d'une vanne de réglage de débit 8, et produit de l'oxygène impur (que l'on désignera pour plus de commodité par le mot "oxygène") via une conduite d'enrichissement ou d'oxygène 9. Comme représenté, cette conduite 9 peut aboutir soit dans la conduite 5, et donc en amont des Coopers, via une conduite 10, soit dans la conduite 6, c'est-à-dire en aval des Coopers, via une conduite 11, soit encore directement dans des tuyères à oxygène (non représentées), du haut-fourneau, via une conduite 12.

On a représenté sur la figure 1 les trois conduites 10 à 12, chacune équipée d'une vanne, de façon à pouvoir utiliser l'oxygène produit par l'appareil 4 de la manière optimale dans chaque cas d'application. En particulier, la conduite 10 n'est utilisée que si la teneur en oxygène de l'air enrichi véhiculé par la conduite 6 reste inférieure à 30%, ceci pour des raisons de sécurité.

L'appareil de distillation 4 peut être un simple appareil à double colonne produisant de l'oxygène impur à une pression voisine de la pression atmosphérique, cet oxygène étant comprimé à la pression désirée d'introduction dans les tuyères, soit à environ 6 bars, par un compresseur s'il est produit à l'état gazeux, ou par une pompe s'il est produit à l'état liquide.

L'appareil 4 peut également être adapté pour produire directement de l'oxygène impur sous pression, selon le procédé décrit dans le brevet US 4 022 030. L'appareil 4 représenté à la Figure 2 est pour l'essentiel le même que celui représenté à la Figure 8 de ce brevet américain, c'est-à-dire qu'il comprend une double colonne de distillation 13, une colonne de mélange 14, une ligne d'échange thermique principale 15, des échangeurs de chaleur auxiliaires 16, 17, 18, et une turbine 19 de détente à la basse pression d'une partie de l'air entrant, cette turbine servant au maintien en froid de

l'appareil 4. On a également représenté une unité 20 d'épuration par adsorption de l'air entrant, précédée d'un dispositif réfrigérant à eau 21.

5 L'appareil 4 diffère toutefois de celui représenté à la Figure 8 du brevet US précité par le fait que le débit d'air envoyé à la colonne de mélange 14 est surpressé d'environ 1 bar par une soufflante auxiliaire 22 couplée à la turbine 19. L'oxygène liquide envoyé en tête de la colonne 14 est donc comprimé aux environs de 10 7 bars, et ceci permet de compenser les pertes de charge pour obtenir dans la conduite 10, 11 ou 12 (Figure 1) l'oxygène à la même pression que l'air véhiculé dans le circuit d'air 5, 6.

15 Plus précisément, l'air arrivant via la conduite 7, prérefroidi en 18, refroidi à la température ambiante en 21 et épuré en 20, est divisé en deux flux, dont le premier, représentant typiquement environ 75% du débit d'air total, est partiellement refroidi dans la ligne d'échange 15. Une fraction de cet air poursuit son 20 refroidissement jusqu'au voisinage de son point de rosée et est introduite via une conduite 23 à la base de la colonne moyenne pression 24A de la double colonne, laquelle produit deux fluides : en tête de la colonne basse pression 24B, de l'azote impur constituant un gaz 25 résiduaire W et évacué après réchauffement via une conduite 25; et en cuve de la colonne 24B, de l'oxygène liquide comprimé vers 7 bars par une pompe 26 et envoyé en tête de la colonne 14.

30 La fraction restante du premier flux d'air épuré est, après son refroidissement partiel, sortie de la ligne d'échange 15, détendue à la basse pression dans la turbine 19 et insufflée dans la colonne 24B. L'énergie produite par cette turbine sert à entraîner la soufflante 22, laquelle surpresse vers 7 bars le flux restant de 35 l'air sortant du dispositif d'épuration 20. Cet air

surpressé, après refroidissement dans la ligne d'échange jusqu'au voisinage de son point de rosée, est introduit via une conduite 27 à la base de la colonne 14.

La colonne 14 produit en tête, sous environ  
5 7 bars, l'oxygène impur désiré, lequel peut avoir une pureté comprise entre environ 35% et 95%, cette pureté pouvant facilement être réglée par un réglage de la double colonne 13. Cet oxygène, après réchauffement dans la ligne d'échange 15 puis dans l'échangeur 18, est  
10 évacué de l'appareil 4 via la conduite 9.

L'appareil de distillation d'air ayant un excellent rendement d'extraction, on obtient au niveau des tuyères du haut-fourneau un débit d'oxygène total pratiquement égal à celui qui a été comprimé par les  
15 soufflantes 3 du haut-fourneau, mais à une teneur variable en oxygène dépendant de la quantité d'air qui a transité dans l'appareil 4, ce dernier jouant en fait le rôle d'enlèvement de l'azote de l'air.

Ainsi, le haut-fourneau 1 peut fonctionner  
20 soit dans sa configuration classique, à l'air, soit, selon l'importance du débit dérivé vers l'appareil de séparation d'air, à l'air plus ou moins enrichi. Le débit dérivé peut varier dans les limites, relativement importantes, de la souplesse de l'appareil de distilla-  
25 tion 4.

On remarque qu'avec l'appareil 4 à soufflante auxiliaire 22 représenté à la Figure 2, la production d'oxygène sous la pression du haut-fourneau n'introduit aucune dépense d'énergie supplémentaire par rapport au  
30 haut-fourneau classique, puisque l'oxygène comprimé est produit directement à partir de l'air provenant de la soufflante du haut-fourneau sans aucune dépense d'énergie additionnelle.

Par ailleurs, en utilisant en même temps les  
35 deux soufflantes 3 équipant normalement le haut-fourneau,

on peut introduire dans ce dernier un débit élevé d'air fortement enrichi en oxygène, et obtenir ainsi une productivité élevée du haut-fourneau.

De préférence, on adjoint à l'installation un  
5 réservoir d'oxygène liquide 28 (Figure 1). On peut ainsi,  
en cas d'incident de fonctionnement de l'appareil de  
distillation, faire revenir progressivement le haut-  
fourneau à un régime de fonctionnement traditionnel à  
l'air, après une phase transitoire où l'oxygène néces-  
10 saire est fourni par le réservoir 28.



REVENDICATIONS

1 - Procédé d'alimentation d'un haut-fourneau (1) en air enrichi en oxygène, du type dans lequel on dérive vers un appareil de séparation d'air (4) une fraction désirée du débit d'air sortant d'au moins une soufflante (3) du haut-fourneau, et l'on envoie vers le haut-fourneau l'oxygène produit par cet appareil de séparation, caractérisé en ce qu'on utilise comme appareil de séparation d'air (4) un appareil de distillation d'air comportant une colonne de mélange (14) fonctionnant sous une pression supérieure, notamment de 1 bar environ, à la pression de refoulement de la soufflante (3), cette colonne de mélange étant alimentée en tête par de l'oxygène liquide et en cuve par de l'air, le gaz de tête de cette colonne constituant ledit oxygène.

2 - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on surpresse l'air envoyé à la colonne de mélange (14) au moyen d'une soufflante auxiliaire (22) entraînée par une turbine (19) de maintien en froid de l'appareil de distillation (4).

3 - Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce qu'on alimente avec ladite fraction d'air à la pression de refoulement de la soufflante (3) du haut-fourneau la colonne de distillation (24A) de l'appareil de distillation (4) qui fonctionne à la plus haute pression.

4 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on mélange au moins une partie de l'oxygène produit par l'appareil de séparation (4) à la fraction d'air non dérivée, soit en amont, soit en aval des appareils (2) de préchauffage d'air du haut-fourneau (1).

5 - Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on envoie

directement dans le haut-fourneau (1) au moins une partie de l'oxygène produit par l'appareil de séparation d'air (4).

5                   6 - Installation de réduction de minerai de fer, du type comprenant un haut-fourneau (1), au moins une soufflante (3) d'alimentation en air de ce dernier, un appareil de séparation d'air (4) disposé en dérivation sur la conduite de refoulement (5) de la soufflante (3), et une conduite d'enrichissement (9) destinée à l'envoi  
10 vers le haut-fourneau (1) de l'oxygène produit par l'appareil de séparation, caractérisée en ce que l'appareil de séparation d'air (4) est un appareil de distillation qui comporte une colonne de mélange (14) fonctionnant sous une pression supérieure, notamment de  
15 1 bar environ, à la pression de refoulement de la soufflante (3), cette colonne de mélange étant alimentée en tête par de l'oxygène liquide et en cuve par de l'air et ladite conduite d'enrichissement (9) partant du sommet de cette colonne.

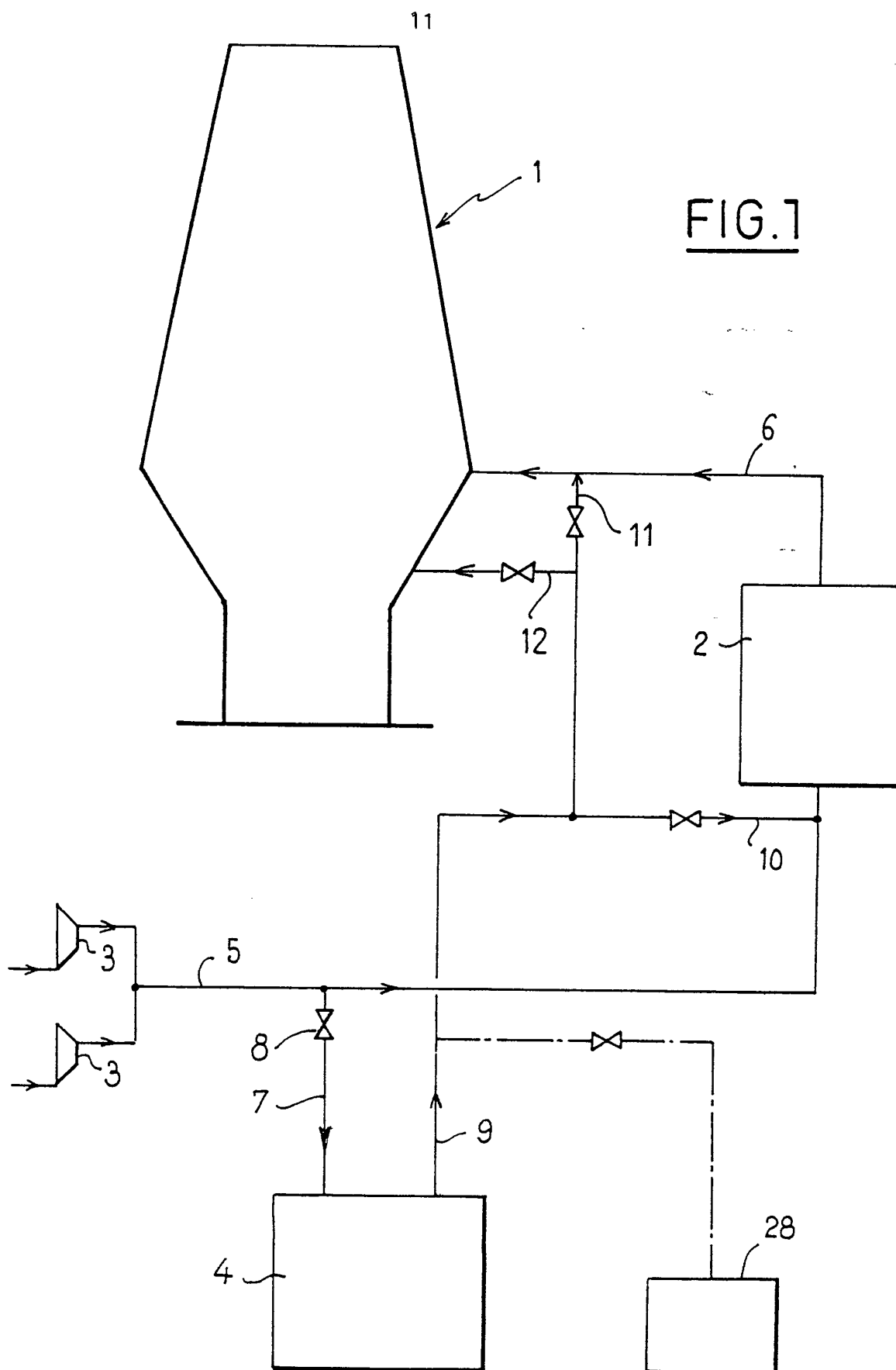
20                   7 - Installation suivant la revendication 6, caractérisée en ce que l'appareil de distillation (4) comprend une turbine (19) de maintien en froid et une soufflante auxiliaire (22) servant à la surpression de l'air envoyé à la colonne de mélange (14), cette soufflante auxiliaire étant entraînée par la turbine.  
25

                  8 - Installation suivant la revendication 7, caractérisée en ce que la colonne de distillation (24A) de l'appareil de distillation (4) qui fonctionne à la plus haute pression est alimentée par de l'air à la  
30 pression de refoulement de la soufflante (3) du haut-fourneau.

                  9 - Installation suivant l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisée en ce que ladite conduite d'enrichissement (9) débouche dans le circuit  
35 principal d'air (5, 6), soit en amont, soit en aval des

appareils de préchauffage d'air du haut-fourneau (1).

10 - Installation suivant l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisée en ce que ladite conduite d'enrichissement (9) débouche directement dans le haut-fourneau.



12

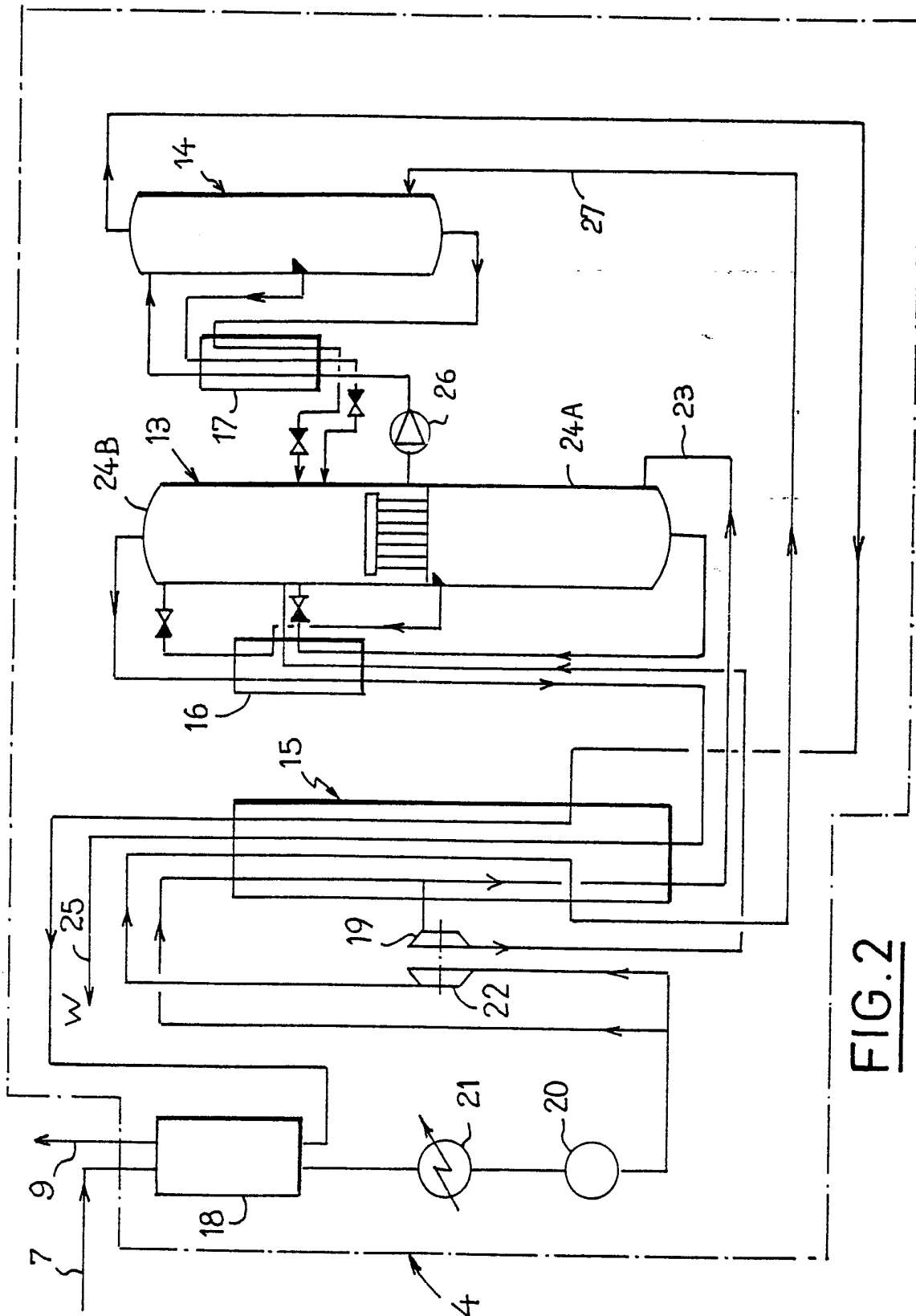


FIG. 2



Office européen  
des brevets

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2  
de la loi belge sur les brevets d'invention  
du 28 mars 1984

Numero de la demande  
nationale

BO 4113  
BE 9200547

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.5)
Y,D	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 335 (C-384)(2391) 13 Novembre 1986 & JP-A-61 139 609 (KAWASAKI STEEL CORP) 26 Juin 1986 * abrégé *	1,6	C21B5/00 F25J3/04
A	---	4,9	
Y	FR-A-2 169 561 (L,AIR LIQUIDE) * page 14, ligne 19 - page 16, ligne 4; figure 8 *	1,6	
A	---		
A	FR-A-890 211 (DEUTSCHE EISENWERKE) *RÉSUMÉ*	5,10	
	-----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
			C21B F25J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 Décembre 1993		Elsen, D	
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		I : 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	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

**BO 4113  
BE 9200547**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

**09-12-1993**

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR-A-2169561	07-09-73	AUCUN	
FR-A-890211		AUCUN	