ROYAUME DE BELGIQUE

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

BREVET D'INVENTION

NUMERO DE PUBLICATION : 1010594A3

NUMERO DE DEPOT : 09600735

Classif. Internat. : F22B

Date de délivrance le : 03 Novembre 1998

Le Ministre des Affaires Economiques,

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 02 Septembre 1996 à 14H30 à l 'Office de la Propriété Industrielle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : COCKERILL MECHANICAL INDUSTRIES S.A. avenue A. Greiner 1, B-4100 SERAING(BELGIQUE)

représenté(e)(s) par : VAN MALDEREN MICHEL, OFFICE VAN MALDEREN, BD. DE LA SAUVENIERE 85/043 - B 4000 LIEGE.

un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE DE CONDUITE D'UNE CHAUDIERE A CIRCULATION FORCEE ET CHAUDIERE POUR SA MISE EN OEUVRE.

INVENTEUR(S) : Dethier Alfred, rue Salm 18, B-4140 Lincesprimont (BE); Grandjean Pierre, chaussée de Liège 198, B-4550 Saint Sevrain (BE)

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 03 Novembre 1998
PAR DELEGATION SPECIALE :

L. WUYTS
CONSEILLER

0560735 A1

PROCÉDÉ DE CONDUITE D'UNE CHAUDIERE A CIRCULATION FORCÉE ET CHAUDIERE POUR SA MISE EN OEUVRE

La présente invention concerne un procédé de conduite d'une chaudière à circulation forcée, notamment pour une turbine à vapeur, ladite chaudière comprenant au moins un premier échangeur de chaleur dont l'entrée est reliée à une conduite d'alimentation en eau et dont la sortie est reliée, à travers une vanne de réglage, soit à l'entrée d'un second échangeur de chaleur, dont la sortie est reliée à la turbine à vapeur, soit directement à la turbine à vapeur. L'invention concerne également une chaudière pour la mise en oeuvre de ce procédé.

L'invention, sans y être limitée, vise plus particulièrement les chaudières alimentant des turbines à vapeur utilisées dans les centrales thermiques de production d'électricité. Ces centrales comportent, en effet, une chaudière produisant de la vapeur sous pression qui actionne une turbine à vapeur entraînant un générateur d'électricité.

La chaudière peut être chauffée par un brûleur qui brûle un combustible fossile ou un combustible issu de l'industrie. La chaudière peut également être une chaudière de récupération utilisée dans une centrale thermique dite à cycle combiné. Dans ce type de centrale, un combustible, par exemple gaz naturel ou fuel, est brûlé dans une turbine à gaz entraînant un générateur d'électricité. Les gaz d'échappement de cette turbine à gaz, importants en volume et riches en énergie calorifique, sont récupérés dans une chaudière dite de récupération pour produire de la vapeur sous pression qui entraîne, par l'intermédiaire d'une turbine à vapeur, un générateur d'électricité.

La vapeur sous pression produite dans la chaudière, au lieu d'actionner une turbine, peut éventuellement être utilisée pour d'autres besoins.

Ces chaudières comportent toujours des échangeurs de chaleur fonctionnant en évaporateur (de l'eau) ou en surchauffeur (de la vapeur) disposés horizontalement ou verticalement dans un flux de gaz chauds. Suivant leur type de chauffe, leur arrangement, leur principe de fonctionnement, etc..., on peut distinguer plusieurs types de chaudières.

0560735

Dans une chaudière dite à circulation naturelle, l'eau est transformée progressivement en vapeur dans un évaporateur où l'eau et le mélange eau/vapeur circulent par différence de densité l'un par rapport à l'autre. L'évaporateur est suivi d'un surchauffeur dans lequel la vapeur produite dans l'évaporateur est chauffée à la température désirée. Étant donné que le principe de fonctionnement est basé sur la différence de densité de l'eau et de la vapeur à une température et une pression données, ces chaudières ne peuvent pas fonctionner quand cette différence devient trop faible, c'est-à-dire quand la pression augmente. Ce principe de fonctionnement ne peut fonctionner qu'à des pressions inférieures à 150 à 160 bars.

Les chaudières à circulation assistée comportent également plusieurs échangeurs, mais ici l'eau et la vapeur circulent dans l'évaporateur sous l'effet d'une force extérieure, par exemple d'une pompe. Les chaudières à circulation assistée peuvent fonctionner à des pressions plus élevées que celles à circulation naturelle mais, lorsque la pression se rapproche trop de la pression critique qui se situe à 221,2 bars, il n'est plus possible de séparer efficacement l'eau et la vapeur pour permettre un fonctionnement normal de l'installation si bien que le principe de la circulation assistée est limité à des pressions inférieures à environ 180 bars.

Il faut en effet rappeler que, aussi bien les chaudières à circulation naturelle que celles à circulation assistée, comportent, entre l'évaporateur et le surchauffeur, un séparateur ou ballon nécessaire à séparer la vapeur de l'eau, car le surchauffeur et, surtout, la turbine ne fonctionnent qu'avec de la vapeur. Dans ce séparateur, l'eau est séparée par gravité de la vapeur et renvoyée dans l'évaporateur où elle effectue donc plusieurs passages.

Si ces deux types de chaudières sont limités du point de vue pression, il est, en revanche, bien connu que le rendement d'une turbine à vapeur est d'autant meilleur que la pression de la vapeur est plus élevée. C'est la raison pour laquelle la majorité des centrales thermiques classiques utilise une chaudière dite à circulation forcée ou plus souvent désignée par le terme anglais "once through" qui, en fait, décrit mieux ce type de chaudière étant donné que l'eau y est chauffée, transformée en vapeur et enfin surchauffée lors d'un seul

passage dans la chaudière. Il n'y a plus ici de distinction précise entre les différents types d'échangeurs. La chaudière peut ne comporter qu'un seul échangeur, l'eau rentrant d'un côté, la vapeur surchauffée sortant de l'autre, sans présenter de bouclage intérieur.

La tendance actuelle des centrales à cycle combiné est une montée en puissance des turbines à gaz, une augmentation des températures des fumées d'échappement et le passage en mode de circulation forcée de la chaudière de récupération de chaleur. Il est alors possible de produire de la vapeur à très haute pression, y compris en pression super critique.

Si, en marche stabilisée, ces chaudières à circulation forcée pouvaient se passer du séparateur, elles ne peuvent s'en passer lors de la phase de démarrage, car cette phase exige toujours une séparation de l'eau et de la vapeur vu que les organes de réglages tels que les détendeurs ne peuvent fonctionner avec un fluide diphasique constitué d'un mélange de vapeur et d'eau.

Pendant cette phase de démarrage, l'eau parcourt la première partie de l'échangeur jusqu'au séparateur où l'eau et la vapeur sont séparées par gravité. L'eau est drainée du séparateur vers un condenseur ou autre réservoir, tandis que la vapeur parcourt la deuxième partie de l'échangeur pour subir une surchauffe. Pendant cette phase de démarrage, le séparateur est dit en fonctionnement humide.

Au fur et à mesure de la montée des températures et pressions, le séparateur reçoit de moins en moins d'eau et à la fin de la phase de démarrage, il ne reçoit plus que de la vapeur et devient un élément inerte. Il est dit alors en fonctionnement sec et le restera pendant la marche stabilisée.

Le séparateur est un réservoir soumis à haute pression et à haute température. Il s'agit donc d'un élément coûteux qui, de plus, introduit des contraintes de fonctionnement dues aux fortes épaisseurs de paroi mises en jeu. En marche stabilisée, non seulement c'est un élément superflu, mais il provoque, en outre, des pertes de charge du côté eau/vapeur, altérant le rendement de l'installation.

Le but de la présente invention est de prévoir un nouveau procédé de conduite d'une chaudière à circulation forcée ainsi qu'une

chaudière pour la mise en oeuvre du procédé permettant la suppression du séparateur.

Pour atteindre cet objectif, la présente invention prévoit un procédé de conduite d'une chaudière à circulation forcée du genre décrit dans le préambule qui est caractérisée en ce que, pendant la phase de démarrage, la vanne de réglage vers le 2ème échangeur ou la turbine est fermée, en ce que, aussi longtemps que le fluide à la sortie du premier échangeur est un fluide diphasique constitué d'un mélange d'eau et de vapeur, on transforme, par condensation, toute la vapeur en eau et en ce que, lorsque le fluide à la sortie du premier évaporateur est de la vapeur pure, on ouvre progressivement la vanne de réglage.

La condensation de la vapeur à la sortie du premier évaporateur est réalisée par mélange du fluide diphasique avec de l'eau d'alimentation. L'eau de condensation ainsi obtenue est envoyée au condenseur et est ainsi recyclée.

Le procédé selon la présente invention permet de supprimer le séparateur étant donné qu'il n'y a plus de séparation entre la vapeur et l'eau. Selon l'invention, tant qu'on ne se trouve pas en présence de vapeur pure, on transforme toute la vapeur en eau et on empêche le passage du mélange dans le second échangeur ou dans la turbine. Les éléments de réglage tels que détendeurs travaillent ainsi toujours en milieu liquide.

La suppression du séparateur ou ballon de démarrage, outre la diminution des frais d'investissement, permet la suppression des contraintes de gradients thermiques qui y sont associés. Le procédé selon l'invention permet également un démarrage plus rapide de la chaudière et une diminution de la perte de charge du côté eau/vapeur en marche stabilisée.

L'invention prévoit également une chaudière à circulation forcée, notamment pour turbine à vapeur, comprenant au moins un premier échangeur de chaleur dont l'entrée est reliée à une conduite d'alimentation en eau et dont la sortie est reliée à travers une première vanne de réglage à une turbine à vapeur, soit directement, soit à travers un second échangeur de chaleur, caractérisé en ce que la sortie du premier échangeur est reliée à travers une seconde vanne

de réglage à la conduite d'alimentation et à travers une vanne de détente à un dispositif de condensation et en ce que la seconde vanne de réglage est contrôlée par la température du fluide en amont de la vanne de détente de manière à ce que, pendant la phase de démarrage, cette température reste inférieure à la température de saturation.

D'autres particularités de l'invention ressortiront de la description d'un mode de réalisation préféré, présenté, ci-dessous, à titre d'illustration, en référence à la figure annexée qui représente un schéma synoptique d'une chaudière à circulation forcée selon la présente invention.

La chaudière représentée schématiquement sur la figure est une chaudière de récupération placée en aval d'une turbine à gaz dans une centrale à cycle combiné. Moyennant quelques transformations, elle pourrait toutefois fonctionner avec un brûleur.

Dans l'exemple représenté, la chaudière est constituée de deux échangeurs en série, à savoir d'un évaporateur 10 produisant, en marche stabilisée, une vapeur légèrement surchauffée et d'un surchauffeur final 12 destiné à chauffer la vapeur produite par l'évaporateur 10 à la température souhaitée. Les deux échangeurs 10 et 12 sont constitués, de façon classique, de tubes, avec ou sans ailettes, disposés ici horizontalement dans un flux ascendant de gaz chauds symbolisé par la flèche 14 et constitués par les gaz d'échappement d'une turbine à gaz.

L'évaporateur est alimenté en eau par une pompe 16 à travers une conduite d'alimentation 18. Le débit dans la conduite 18 est réglé par une vanne de réglage de débit 20 sous le contrôle d'un débitmètre 22.

La sortie de l'évaporateur 10 est reliée à un condenseur non représenté à travers une conduite de sortie 24 et une vanne de détente 26 sous la commande d'un manomètre 28. Cette vanne de détente 26 contrôle et règle la pression dans le circuit de l'évaporateur.

La sortie de l'évaporateur 10 est également reliée à travers une vanne de réglage 30 à l'entrée du surchauffeur 12. La sortie de celui-ci est reliée à travers une conduite de sortie 32 au condenseur et à la

turbine à vapeur non représentée. La pression dans le circuit du surchauffeur 12 est contrôlée par une vanne de détente 34 sous la commande d'un manomètre 36 pendant la phase de démarrage, et par la turbine à vapeur en marche stabilisée.

L'une des particularités qui caractérise le circuit de la chaudière selon la présente invention est une conduite 38 en by-pass entre la conduite d'entrée 18 et la conduite de sortie 24 de l'évaporateur et qui permet le mélange d'une quantité contrôlée d'eau "froide" avec le mélange diphasique produit par l'évaporateur pendant la phase de démarrage de la chaudière. Le débit d'eau dans la conduite 38 est réglé par une vanne de réglage 40 sous la commande d'un thermomètre 42 mesurant la température en aval de la conduite 38.

On va maintenant décrire le fonctionnement de la chaudière schématisée sur la figure. Avant le démarrage de la turbine à gaz, l'évaporateur est pressurisé à une pression compatible avec la température des gaz de la turbine. Cette pression qui est contrôlée par la vanne de détente 26 peut être inférieure à la pression nominale (par exemple 100 bars). Un débit minimal (par exemple 30%) est assuré par la pompe 16 et réglé par la vanne 20 avec retour vers le condenseur à travers la vanne de détente 26. La vanne de réglage 30 est à ce moment fermée et le surchauffeur 12 est isolé du circuit de l'évaporateur 10.

La turbine à gaz est alors démarrée et stabilisée à une charge telle que la température des gaz d'échappement soit supérieure d'environ 100°C à la température de saturation dans l'évaporateur 10, soit à environ 400°C pour la pression choisie.

La température de l'eau à la sortie de l'évaporateur 10 au point A augmente rapidement jusqu'à la température de saturation et se stabilise ensuite au palier de l'évaporation. Lorsque cette température est presque atteinte au point B, le thermomètre 42 commande l'ouverture progressive de la vanne 40 pour permettre l'écoulement, vers la conduite 24, d'un débit réglé d'eau "froide" de manière que la température soit inférieure à la température de saturation (par exemple 300°C). Ainsi, la vapeur qui commence à se former dans l'évaporateur 10 à partir de la température de saturation se transforme, par cet apport d'eau "froide", en eau, si bien que la vanne

de détente 26 reste toujours en eau à son entrée (avec un mélange eau/vapeur, elle ne pourrait pas fonctionner) et garde sa capacité de réglage.

Au fur et à mesure de l'évaporation, la proportion de vapeur augmente au détriment de la proportion d'eau à la sortie de l'évaporateur 10. Par conséquent, la vanne 40, sous la commande du thermomètre 42, s'ouvre davantage pour permettre l'apport de la quantité d'eau nécessaire à la condensation de toute la vapeur et afin que la température en B soit maintenue en-dessous de la température de saturation. Ce scénario dure jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'eau à la sortie de l'évaporateur. A partir de ce moment, la température augmente à nouveau par suite d'une surchauffe de la vapeur. L'absence d'eau à la sortie de l'évaporateur est donc aisément repérable par une augmentation de la température en A. Cette détection est utilisée pour ouvrir progressivement la vanne 30 pour dévier la vapeur 30 vers le surchauffeur 12 et pour fermer progressivement la vanne 40 et la vanne de détente 26.

La vapeur est maintenant surchauffée à la température souhaitée dans l'échangeur 12 dont la pression est contrôlée par la vanne de détente 34. Lorsque la vanne de réglage 30 est complètement ouverte, ou éventuellement court-circuitée par un by-pass, l'entièreté du débit traverse les deux échangeurs, ce qui termine la phase de démarrage et débute la marche stabilisée.

A partir de ce moment, la charge de la turbine à gaz peut être augmentée. Le débit d'eau sera réglé par les températures de la vapeur aux sorties de l'évaporateur 10 et du surchauffeur 12 et la vanne de détente 34 augmente la pression jusqu'à la valeur nominale.

En marche stabilisée, la température de la vapeur à la sortie de l'évaporateur garde une légère surchauffe de l'ordre de 50°C.

La température finale de la vapeur à la sortie de la chaudière sera telle que demandée à l'allure nominale ou peut être contrôlée par un éventuel désurchauffeur supplémentaire pour les charges partielles ou de pointe.

Le fonctionnement décrit ci-dessus est valable pour une pression nominale d'utilisation super-critique ou non. Il peut également être utilisé pour des pressions relativement faibles.

Si la température de chauffe est particulièrement faible, le système de transformation de la vapeur en eau lors du démarrage peut être transposé en sortie de chaudière qui, dès lors, ne comporterait plus qu'un seul échangeur.

5

0560735

REVENDICATIONS

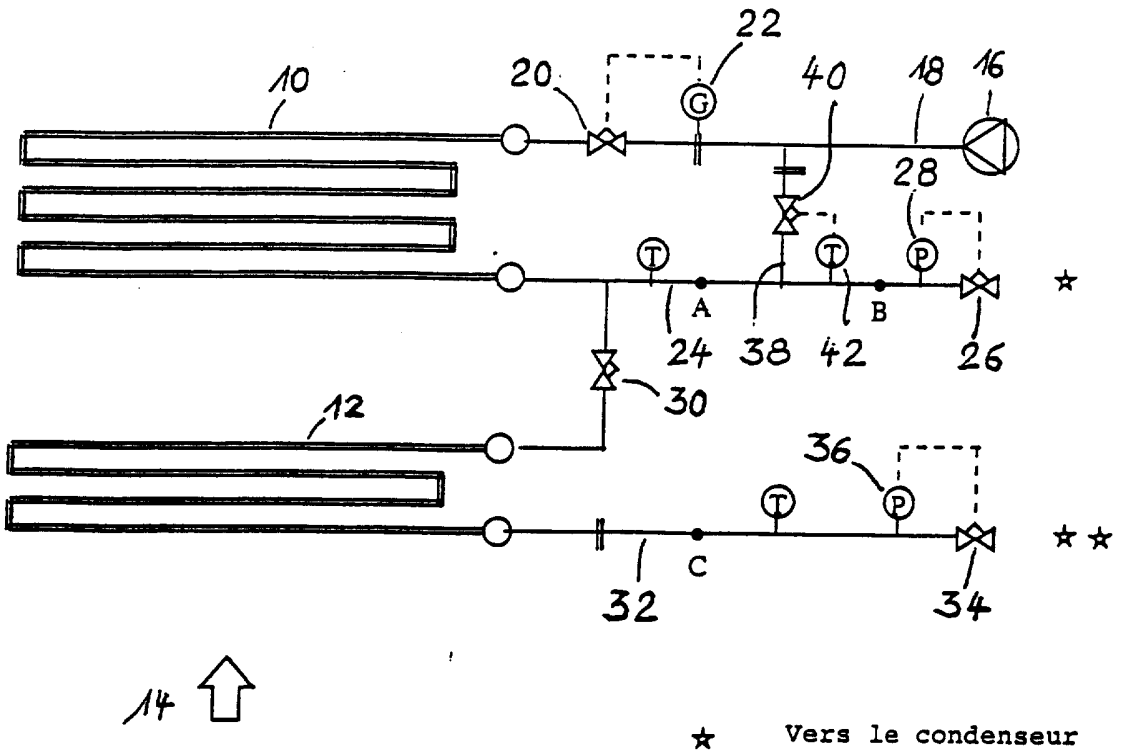
1. Procédé de conduite d'une chaudière à circulation forcée, notamment pour une turbine à vapeur, la chaudière comprenant au moins un premier échangeur de chaleur (10) dont l'entrée est relié à une conduite d'alimentation en eau (18) et dont la sortie est reliée, à travers une vanne de réglage (30), soit à l'entrée d'un second échangeur de chaleur (12), dont la sortie est reliée à la turbine à vapeur, soit directement à la turbine à vapeur, caractérisé en ce que, pendant la phase de démarrage, la vanne de réglage (30) est fermée, en ce que, aussi longtemps que le fluide à la sortie du premier échangeur (10) est un fluide diphasique constitué d'un mélange d'eau et de vapeur, on transforme, par condensation, toute la vapeur en eau et en ce que, lorsque le fluide à la sortie du premier évaporateur est de la vapeur pure, on ouvre progressivement la vanne de réglage (30).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on provoque la condensation à la sortie du premier évaporateur (10) par mélange du fluide diphasique avec de l'eau d'alimentation.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'eau de condensation est recyclée vers l'entrée du premier échangeur de chaleur, via un condenseur et une pompe (16).

4. Chaudière à circulation forcée, notamment, pour turbine à vapeur, comprenant au moins un premier échangeur de chaleur (10) dont l'entrée est reliée à une conduite d'alimentation en eau (18) et dont la sortie est reliée, à travers une première vanne de réglage (30), à une turbine à vapeur, soit directement, soit à travers un second échangeur de chaleur (12), caractérisée en ce que la sortie du premier échangeur (10) est reliée à travers une seconde vanne de réglage (40) à la conduite d'alimentation (18) et à travers une vanne de détente (26) à un condenseur et en ce que la seconde vanne de réglage (40) est contrôlée par la température dans la conduite (24) en amont de la vanne de détente (26), en B, de manière à ce que, pendant la phase de démarrage, cette température reste inférieure à la température de saturation.

0S600735



★ Vers le condenseur

★ ★ Vers le condenseur ou la turbine à vapeur

FIG. 1

Numero de la demande nationale

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

BO 6214
BE 9600735

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.6)
X	US 3 135 096 A (SCHROEDTER) * colonne 4, ligne 18 - ligne 75; figures * ---	1	F22B29/12 F22B35/14
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 505 (M-1194), 20 Décembre 1991 & JP 03 221702 A (TOSHIBA CORP), 30 Septembre 1991, * abrégé * ---	1	
X	US 3 292 372 A (MICHEL) * colonne 2, ligne 50 - colonne 3, ligne 25; figures * ---	1	
A	DE 43 03 613 A (STEINMÜLLER) * le document en entier * -----	1	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)

F22B
F01K

1

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
20 Mai 1997	Van Gheel, J

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

EPO FORM 1503 03.82 (P04C48)

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

BO 6214
BE 9600735

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.

20-05-1997

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3135096 A	02-06-64	BE 620761 A	
		GB 957371 A	
		NL 280175 A	
US 3292372 A	20-12-66	DE 1289533 B	
		GB 1053515 A	
DE 4303613 A	18-08-94	WO 9418498 A	18-08-94
		EP 0635113 A	25-01-95
		US 5588400 A	31-12-96

EPO FORM P0463