

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Numéro de publication:

0 188 183
B1

12

FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

45

Date de publication du fascicule du brevet:
08.03.89

61

Int. Cl.⁴: **F 01 K 7/40, F 22 D 1/40**

21

Numéro de dépôt: **85870007.3**

22

Date de dépôt: **16.01.85**

54

Procédé et dispositif de récupération de l'énergie thermique des gaz brûlés dans des centrales thermiques.

43

Date de publication de la demande:
23.07.86 Bulletin 86/30

73

Titulaire: **HAMON- SOBELCO S.A., 50- 58, Rue Capouillet, B-1060 Bruxelles (BE)**

45

Mention de la délivrance du brevet:
08.03.89 Bulletin 89/10

72

Inventeur: **Paquet, André Jules, 39, Avenue du Cor de Chasse, B-1170 Bruxelles (BE)**

84

Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

74

Mandataire: **de Kemmeter, François, Cabinet Bede 13, avenue Antoine Depage, B-1050 Bruxelles (BE)**

56

Documents cité:
BE-A-541 802
DE-A-1 122 081
FR-A-1 435 041
FR-A-1 461 570
FR-A-1 504 666
FR-A-2 043 956
US-A-1 589 646

EP 0 188 183 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

La présente invention concerne un procédé de récupération d'énergie thermique des gaz brûlés, plus particulièrement dans des centrales thermiques.

L'invention se rapporte également au dispositif pour la mise en oeuvre du procédé et notamment à un nouvel appareil industriel appelé ci-après en abrégé "récupérateur-évaporateur" destiné à la récupération d'énergie thermique, dite aussi chaleur sensible, des gaz résultant de la combustion de combustibles fossiles (gaz naturel, charbon, lignite,...) de centrales thermiques, en abrégé "gaz brûlés", par son transfert à des condensats de réchauffeurs, condensats qui sont évaporés.

Par centrale thermique, il faut entendre toute installation de transformation d'énergie thermique en énergie mécanique au moyen de fluide condensable effectuant un cycle thermodynamique, en particulier les centrales électriques thermiques à combustible fossile.

L'état connu de la technique ou art antérieur est représenté aux figures 1 et 2.

La figure 1 représente le schéma d'un cycle thermodynamique classique d'une centrale électrique, la turbine entraînant un générateur électrique non représenté. Le cycle complet de l'eau y est représenté. Elle passe successivement dans la chaudière (CH) où elle est successivement chauffée jusqu'à ébullition, vaporisée et surchauffée; elle se détend ensuite dans la turbine "haute pression" (THP), puis est resurchauffée (RS), puis se détend dans la turbine "basse pression" (TBP), puis se condense dans le condenseur (C), d'où la pompe d'extraction d'eau du condenseur l'envoie dans les réchauffeurs "basse pression" successifs (R_1 , R_2 , R_3 et R_4) où elle est réchauffée par de la vapeur soutirée de la turbine (TBP).

L'eau arrive alors au dégazeur (DG) puis à la bache alimentaire (B), à la sortie de laquelle la pompe alimentaire (PA) la porte à la haute pression du cycle et la renvoie à la chaudière après passage dans les trois réchauffeurs "haute pression" successifs (R_6 , R_7 et R_8).

La partie du cycle à laquelle l'invention se rapporte est essentiellement celle des réchauffeurs "basse pression". Le brevet EP-0 032 641 représente en ses figures 1 et 3 de telles parties du cycle.

L'invention concerne également le cycle des gaz brûlés.

La figure 2 représente schématiquement le circuit des gaz de combustion.

L'air atmosphérique (A), par exemple à 20°C, pénètre dans le réchauffeur d'air (RA) où il est réchauffé, par exemple à 285°C, par les gaz brûlés; il pénètre alors dans la chaudière (CH) où il brûle le combustible et sort sous forme de gaz brûlés (GB), par exemple à 330°C, pour pénétrer dans le réchauffeur d'air; ces gaz brûlés y sont refroidis par l'air atmosphérique (A) qu'ils réchauffent, puis sont rejetés à l'atmosphère.

Correspondant avec les températures précédentes données à titre d'exemple, la température des gaz brûlés est de 120°C. En pratique la température des gaz brûlés rejetés à l'atmosphère est comprise entre 115°C et 185°C. Une quantité d'énergie non négligeable est ainsi perdue, correspondant à la chaleur sensible des gaz brûlés.

La température des gaz brûlés à la sortie du réchauffeur est conditionnée par plusieurs facteurs. Le réchauffeur d'air étant un échangeur gaz/gaz, a de moins bons coefficients d'échange que ceux où un fluide est liquide ou ceux où un fluide change d'état; compte tenu des grandes variations de température de l'air au passage de l'échangeur, de l'ordre de 150 à 250 degrés Celsius, le réchauffeur d'air est un grand appareil dont le coût serait prohibitif s'il devait modifier (respectivement élever et abaisser) encore beaucoup plus la température des flux d'air pour réduire substantiellement la perte d'énergie.

C'est toutefois la prise en considération des phénomènes de condensation d'eau, éventuellement acidifiée par les oxydes de soufre résultant de la combustion de combustibles soufrés, dans les gaz brûlés qui déterminera la température minimale admissible pour les gaz brûlés. Cette condensation est évitée essentiellement à cause des dangers de corrosion et du coût du réchauffeur s'il devait être réalisé en matériaux spéciaux résistant à l'acide sulfurique. Dans les réchauffeurs d'air les phénomènes de condensation sur parois froides sont favorisés par la basse température de l'air ambiant y entrant, dont la température est nettement inférieure au point de rosée des gaz brûlés; ce point de rosée est fonction de l'humidité des gaz brûlés qui, elle, dépend de la teneur en hydrogène du combustible; il se situe dans de nombreux cas entre 60 et 70°C. La présence d'oxydes de soufre élève toutefois ce point de rosée. Compte tenu de ce phénomène de condensation sur parois froides, la température moyenne des gaz brûlés sortants doit être nettement supérieure au point de rosée théorique.

Un autre élément à prendre en considération est le tirage de la cheminée rejetant les gaz brûlés à l'atmosphère; une température élevée est favorable au tirage de la cheminée (diminution de la puissance de soufflage de l'air) et à la dispersion des gaz brûlés dans l'atmosphère.

D'autre part, les contraintes relatives à la protection de l'environnement conduisent actuellement à désulfurer (partiellement) les gaz brûlés, afin essentiellement de réduire l'acidité des pluies.

Les procédés courants de désulfuration consistent à laver les gaz brûlés par des solutions chimiques; il est souhaitable pour cette opération que les gaz brûlés n'entrent pas à température trop élevée (notamment celle à la sortie des réchauffeurs d'air) dans l'installation de désulfuration. Le brevet FR-2 534 150 décrit une

installation de désulfuration de gaz brûlés où ces gaz sont préalablement refroidis à environ 80° C dans un échangeur de chaleur qui, après désulfuration, les réchauffe pour les envoyer à la cheminée. Mais le réchauffage des gaz brûlés désulfurés n'est pas indispensable; on peut dimensionner la cheminée et sa soufflante pour des gaz relativement froids; on peut aussi rejeter ces gaz brûlés par l'intermédiaire des réfrigérants atmosphériques à tirage naturel, qui peuvent disperser les gaz brûlés dans l'atmosphère beaucoup plus avantageusement vis-à-vis de la protection de l'environnement que les cheminées classiques de centrales électriques. Le brevet DE-2 453 488 concerne le rejet des gaz brûlés épurés par les tours de réfrigération à tirage naturel.

Par le FR-2 043 956 est connu un dispositif comportant une turbine à vapeur et une chaudière pour alimenter la turbine. Dans ce dispositif l'eau alimentaire est réchauffée par une succession de réchauffeurs. Une partie de l'eau alimentaire en cours de réchauffement est également réchauffée dans des économiseurs pour être chaque fois renvoyée un peu plus loin dans le courant d'eau alimentaire en cours de réchauffement. Dans ces économiseurs, l'eau est mise en contact d'échange thermique avec les gaz brûlés de la chaudière.

L'utilisation de ces économiseurs n'entraîne aucune réduction des prélèvements de vapeur à la turbine pour le réchauffeur associé à l'économiseur. Le rendement de ce type d'appareil est faible.

La présente invention vise à améliorer le rendement de l'ensemble.

L'invention vise en particulier à récupérer l'énergie sensible des gaz brûlés, entre 115 à 185° C, entre leur sortie du réchauffeur d'air et du dépoussiéreur et leur entrée dans l'installation de désulfuration ou leur rejet à la cheminée.

Son but est également de pallier aux inconvénients limitant la température des gaz brûlés à la sortie des réchauffeurs d'air et d'obvier aux phénomènes de condensation sur parois froides et à la nécessité des grandes surfaces d'échange que requièrent les échangeurs gaz/gaz.

Ces buts sont atteints par l'invention telle que définie dans les revendications reprises à la fin de cette description.

La figure 3 représente la partie du cycle de la figure 1 comprenant les réchauffeurs "basse pression" (R₁ à R₄) où des récupérateurs-évaporateurs selon l'invention ont été incorporés, en l'occurrence trois appareils: RE₁, RE₂ et RE₃. Ces récupérateurs-évaporateurs sont des caissons en acier contenant un faisceau de tubes. Les tubes sont parcourus intérieurement par les gaz brûlés qui passent successivement dans RE₃, RE₂ et RE₁ en se refroidissant.

Les RE reçoivent d'autre part une fraction des condensats de réchauffeurs (R₁, R₂, R₃) et les évaporent au contact des tubes parcourus par les gaz brûlés; la vapeur formée est renvoyée aux réchauffeurs d'où provenaient les condensats.

Dans l'exemple représenté à la figure 3, RE₃ est associé à R₃, RE₂ à R₂ et RE₁ à R₁, et les gaz brûlés arrivent du réchauffeur d'air (RA) à 180° C.

Les récupérateurs-évaporateurs transfèrent donc l'énergie thermique aux réchauffeurs essentiellement sous forme de chaleur latente d'évaporation; cet apport d'énergie par les gaz brûlés entraîne une réduction des prélèvements de vapeur à la turbine pour le réchauffeur associé au récupérateur-évaporateur.

Un plus grand débit de vapeur est dès lors disponible à la turbine pour s'y détendre en convertissant son énergie interne en travail mécanique. Les quantités de vapeur prélevées pour les réchauffeurs R₁, R₂ et R₃ mentionnées à la figure 3 sont effectivement substantiellement plus faibles que celles mentionnées à la figure 1.

Le rendement du cycle thermodynamique est ainsi amélioré de 1 à 1,5 %.

Si les gaz à la sortie du réchauffeur d'air ne sont qu'à 120° C, on ne pourra placer dans le cycle de la figure 1 que deux récupérateurs-évaporateurs, comme représenté à la figure 4.

Ce sont les températures de condensation dans les réchauffeurs et la température des gaz brûlés qui déterminent le choix des réchauffeurs qui peuvent être associés à des récupérateurs-évaporateurs.

De préférence, l'injection de l'énergie résiduelle des gaz brûlés à l'eau du cycle se fera de façon étagée, en autant d'étapes qu'il y a de réchauffeurs, l'injection d'énergie se faisant à un niveau de température relativement peu inférieur à celui des gaz brûlés, les gaz brûlés les plus chauds étant associés aux condensats les plus chauds, les gaz brûlés les plus froids, aux condensats les plus froids.

Dans la succession des réchauffeurs considérée du condenseur à la chaudière, il y a un réchauffeur à partir duquel l'association n'est plus possible parce que la température de ses condensats est proche ou supérieure à celle des gaz brûlés, rendant impossible le transfert d'énergie thermique des gaz brûlés vers les réchauffeurs.

Dans la succession des réchauffeurs, il est possible qu'un réchauffeur ne soit pas associé à un récupérateur-évaporateur, alors que le réchauffeur précédent et le réchauffeur suivant le soient; ce sera essentiellement le cas lorsque l'échange calorifique prévu à ce réchauffeur est trop faible pour que le gain capitalisé d'énergie dû à l'amélioration du rendement thermodynamique du cycle compense les frais d'investissement d'un récupérateur-évaporateur.

Enfin il est possible que le ou les premiers réchauffeurs à partir du condenseur ne soient pas couplés avec un récupérateur-évaporateur, notamment parce que l'échange calorifique serait trop faible, comme cité plus haut; comme le gain thermodynamique est d'autant plus faible que la température et la pression sont basses au réchauffeur, l'intérêt économique au placement de récupérateur-évaporateur diminue lorsqu'on se rapproche du condenseur, et pourrait ne plus

justifier l'installation d'un récupérateur-évaporateur. D'autre part, l'abaissement de la température des gaz brûlés en dessous du point de rosée acide pourrait conduire à l'emploi de matériaux plus coûteux, conduisant à des frais d'investissement qui ne seraient plus compensés par la réduction des frais de production due à l'amélioration du rendement du cycle par un récupérateur-évaporateur où la température des gaz brûlés descendrait en dessous du point de rosée. L'invention s'applique également aux cas où tous les réchauffeurs sont à la même pression du côté eau, aux pertes de charge près; dans ces cas il n'y a qu'une seule pompe P située à la sortie du condenseur et il n'y a plus de distinction entre réchauffeurs "basse pression" et réchauffeurs "haute pression".

La technologie des récupérateurs-évaporateurs est apparentée à celle des évaporateurs.

Les figures 5 et 6 représentent en coupe, respectivement parallèlement à la longueur et perpendiculairement à la longueur, un récupérateur-évaporateur.

Cet appareil est constitué extérieurement d'un caisson cylindrique à axe horizontal, constitué d'une virole 1 et de deux fonds 2 et 3. Ces fonds déterminent avec les plaques à tubes 4 et 5 les "boîtes à fumées" 6 et 7. En 6 arrivent les gaz brûlés (GB) au récupérateur-évaporateur; en 7, ils en sortent.

Les plaques à tubes 4 et 5 sont reliées entre elles par les "tubes de fumée" 8, permettant le passage étanche des gaz brûlés de la boîte à fumée 6 à la boîte à fumée 7. Le diamètre des tubes sera généralement compris entre 25 et 100 mm, par exemple 1" 1/2.

Les tubes sont groupés en nappes superposées, par exemple vingt-cinq nappes de trente-cinq tubes, s'incrinant, en coupe selon la figure 6, dans un rectangle.

Le faisceau parallélépipédique de tubes 8 est fermé latéralement par des cloisons 9 et 10, et est surmonté par un bac de distribution 11 dont le fond est percé d'une multitude de trous assurant l'arrosage des tubes 8 par l'eau, condensat partiel d'un réchauffeur, arrivant au sommet du caisson par l'orifice 12.

Au contact des tubes 8 chauffés intérieurement par les gaz brûlés (GB) l'eau s'évapore partiellement et la vapeur formée s'échappe par les orifices 16 et 17 situés au-dessus du niveau d'eau 14, ajusté par la vanne 15.

Afin d'assurer un débit d'arrosage suffisant, une pompe 13 prélève les condensats au bas du récupérateur-évaporateur et les recycle à travers cet appareil.

Les matériaux constituant les éléments en contact avec l'eau (condensats et vapeur), c'est-à-dire les viroles 1, les cloisons 9 et 10, le bac 11, les éléments internes de structure (supports, pièces intercalaires, ...) sont semblables à ceux utilisés pour les réchauffeurs, notamment par exemple l'acier.

Quant aux tubes 8 et aux plaques à tubes 4 et 5, ils doivent pouvoir supporter sur une face

l'agressivité des gaz brûlés. Leur matériau pourra être le même matériau que celui des cloisons; mais si les gaz brûlés sont particulièrement corrosifs, leur matériau pourra être plus noble encore, tel l'acier inoxydable ou un alliage à base de nickel.

Si les gaz sont très agressifs et présentent des phénomènes de condensation de solutions acides, les tubes pourraient être en matériau céramique, par exemple, ou en verre ou en polymère organique fluoré. Le matériau des tubes et des plaques peut également être composite, par exemple de l'acier inoxydable recouvert d'une couche de polytétrafluoréthylène, intérieurement pour les tubes, et sur la face des boîtes de fumée pour les plaques tubulaires. Les boîtes de fumée seraient éventuellement recouvertes intérieurement d'une résine, d'un polymère organique, protégeant leurs parois métalliques contre la corrosion par les gaz brûlés.

Lorsque la température des gaz brûlés est abaissée en dessous du point de rosée, le récupérateur-évaporateur a l'avantage de désulfurer partiellement les gaz brûlés.

La face extérieure des tubes étant en contact avec un fluide présentant un changement de phase intense, en l'occurrence une évaporation sous forme d'ébullition, les coefficients correspondants de transfert de chaleur sont excellents, meilleurs qu'avec un gaz et meilleurs qu'avec un liquide. Cette particularité de l'échange thermique réduit nettement les dimensions de l'appareil par rapport, notamment, à un échangeur gaz/gaz tel le réchauffeur d'air.

Quant à la transmission de chaleur sur la face interne des tubes, elle peut être augmentée, par exemple, par un ailetage interne, augmentant la surface de contact et la turbulence des gaz.

On remarque que le fluide en contact avec le gaz brûlé par l'intermédiaire des parois des tubes est à une température relativement élevée, celle des condensats des réchauffeurs, bien supérieure à celle de l'air ambiant, et que, dès lors, les phénomènes de condensation sur paroi froide sont réduits, voire évités.

Dans le cas de la figure 3, le gain de puissance est de l'ordre de grandeur de 1,5 MW à l'arbre de la turbine, celle-ci entraînant un alternateur délivrant sur le réseau électrique 125 MW.

Dans le cas de la figure 4, le gain est de 0,35 MW à l'arbre de la turbine.

De tels gains sont nettement supérieurs au coût des récupérateurs-évaporateurs capitalisés sur la durée de vie de la centrale électrique.

En variante, deux ou plusieurs récupérateurs-évaporateurs successifs peuvent être intégrés en un seul appareil, avec une boîte à fumée 18 commune aux deux récupérateurs-évaporateurs située entre eux. La figure 7 représente une telle variante intégrant deux récupérateurs-évaporateurs.

L'intégration de deux appareils successifs peut encore être plus poussée, comme représenté à la figure 8, où il n'y a plus de boîte à fumée

intermédiaire; les tubes 8 d'un tel récupérateur-évaporateur double ont une longueur correspondant à l'ensemble des deux appareils, c'est-à-dire une longueur égale à la somme des longueurs des tubes des deux récupérateurs-évaporateurs de la figure 7, toutes autres choses étant inchangées. Dans l'appareil double de la figure 8, les deux récupérateurs-évaporateurs sont séparés par une plaque à tubes 21 étanche ne permettant pas le passage de fluide entre les espaces 22 et 23.

Revendications

1. Procédé de récupération de l'énergie thermique des gaz brûlés d'une centrale thermique à turbine à vapeur, centrale dans laquelle de la vapeur est soutirée de la turbine pour réchauffer l'eau d'alimentation amenée à la chaudière, les gaz brûlés précités étant mis en contact d'échange thermique avec un condensat de vapeur provenant exclusivement de la vapeur soutirée précitée, ce condensat étant ainsi revaporisé et la vapeur ainsi formée étant recyclée à la chaudière pour contribuer au réchauffage de l'eau d'alimentation.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'échange thermique avec les gaz brûlés se fait en plusieurs étapes dont chacune correspond à une étape du réchauffage de l'eau admise à la chaudière, les condensats de vapeur étant à un niveau de température relativement peu inférieur à celui des gaz brûlés, les gaz brûlés les plus chauds étant associés aux condensats les plus chauds, les gaz brûlés les plus froids aux condensats les plus froids.

3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le condensat de vapeur provient de la partie "basse pression" du circuit de réchauffage de l'eau admise à la chaudière et en ce que la vapeur formée par échange thermique avec les gaz brûlés est renvoyée à ladite partie "basse pression" pour contribuer au réchauffage de l'eau admise à la chaudière.

4. Dispositif pour l'application du procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, utilisable dans une centrale thermique à turbine à vapeur, centrale dans laquelle de la vapeur est soutirée de la turbine en vue de réchauffer l'eau admise à la chaudière (CH), ladite centrale comportant à cet effet une série de réchauffeurs ($R_1...R_4$), caractérisé en ce qu'il consiste en au moins un récupérateur-évaporateur ($RE_1...RE_3$) dans lequel les gaz brûlés échangent leur chaleur avec un condensat de vapeur d'eau issu d'un réchauffeur ($R_1...R_3$) précité et provenant exclusivement d'un soutirage de la turbine à vapeur.

5. Dispositif suivant la revendication 4, caractérisé en ce que les récupérateurs-évaporateurs ($RE_1...RE_3$) sont des caissons contenant au moins deux boîtes à fumées (6, 7) et un faisceau de tubes (8) lesquels sont parcourus

intérieurement par les gaz brûlés qui passent successivement dans les récupérateurs-évaporateurs (RE_3 , RE_2 et RE_1) en se refroidissant.

6. Dispositif suivant la revendication 5, caractérisé en ce que les récupérateurs-évaporateurs ($RE_1...RE_3$) reçoivent une fraction des condensats des réchauffeurs (R_1 , R_2 , R_3) et les évaporent au contact des tubes parcourus par les gaz brûlés, la vapeur formée étant renvoyée aux réchauffeurs d'où provenaient les condensats.

7. Dispositif suivant la revendication 5, caractérisé en ce qu'au moins deux récupérateurs-évaporateurs successifs s'ont intégrés dans un seul appareil.

8. Dispositif suivant la revendication 7, caractérisé en ce que deux récupérateurs-évaporateurs successifs sont intégrés dans un seul appareil avec une boîte à fumée commune aux deux récupérateurs-évaporateurs et située entre eux.

9. Dispositif suivant la revendication 5, caractérisé en ce que la longueur des tubes (8) correspond à l'ensemble d'au moins deux récupérateurs-évaporateurs successifs et que les différents récupérateurs-évaporateurs sont séparés par une plaque à tubes (21) étanche ne permettant pas le passage de fluide entre les espaces d'échange thermique propre à chaque récupérateur-évaporateur.

Claims

1. Process of recovering of the thermal energy of the flue gas of a power station with steam turbine, in which station steam is taken from the turbine to heat feed water fed to the boiler, said flue gas being put in heat exchange contact with a vapor condensate exclusively coming from said taken steam, said condensate thus being revaporized and the steam thus formed being recycled to the boiler to contribute to the heating of the feed water.

2. Process in accordance with claim 1, characterized in that the heat exchange with the flue gas is made in several stages, with each corresponding to a stage of heating the water fed to the boiler, the steam condensates being at a temperature level relatively little below the one of the flue gas, the hottest flue gas being associated with the hottest condensates and the coldest flue gas with the coldest condensates.

3. Process in accordance with claim 2, characterized in that the steam condensate comes from the "low pressure" part of the circuit of heating of water fed to the boiler and that the steam formed by the heat exchange with the flue gas is returned to said "low pressure" part to contribute to the heating of the water fed to the boiler.

4. Device for the application of the process in accordance with any of claims 1 to 3, usable in a

steam turbine power station in which steam is taken from the turbine to heat the water fed to the boiler (CH), said station comprising for that purpose a set of heaters ($R_1...R_4$), characterized in that it consists in at least one recuperator-vaporizer ($RE_1...RE_3$) in which the flue gas exchanges its heat with a steam condensate from a heater ($R_1...R_3$) cited hereabove and coming exclusively from steam taken from the steam turbine.

5. Device in accordance with claim 4, characterized in that the recuperator-vaporizers ($RE_1...RE_3$) are casings containing at least two smoke boxes (6, 7) and one nest of tubes (8) which convey inside the flue gas which goes successively in the recuperators-vaporizers (RE_3 , RE_2 and RE_1) whilst cooling.

6. Device in accordance with claim 5, characterized in that the recuperators-vaporizers ($RE_1...RE_3$) receive a fraction of the condensates of the heaters (R_1 , R_2 , R_3) and vaporize them in contact with the tubes conveying the flue gas, the steam formed being returned to the heaters whence the condensates came.

7. Device in accordance with claim 5, characterized in that at least two successive recuperators-vaporizers are built into a single apparatus.

8. Device in accordance with claim 7, characterized in that two successive recuperators-vaporizers are built into a single apparatus with a smoke box common to two recuperators-vaporizers and located between them.

9. Device in accordance with claim 5, characterized in that the length of tubes (8) corresponds to whole of at least two successive recuperators-vaporizers and that the various recuperators-vaporizers are separated by a sealed tube plate (21) not allowing the passage of fluid between the spaces of heat exchange of each recuperator-vaporizer.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Rückgewinnung von thermischer Energie aus Abgasen eines thermischen Dampfturbinenkraftwerkes, in welchem Dampf der Turbine entnommen wird, um das dem Kessel zugeführte Speisewasser zu erwärmen, wobei die genannten Abgase mit einem Dampfkondensat in Wärmetauschkontakt gebracht werden, das ausschließlich aus dem genannten, entnommenen Dampf stammt, wobei dieses Kondensat wiederverdampft und der so gebildete Dampf zum Kessel zurückgeführt wird, um bei der Erwärmung des Wassers mitzuwirken.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetausch mit den Abgasen in mehreren Schritten erfolgt, wobei jeder einem Schritt zur Erwärmung des dem Kessel zugeführten Wassers entspricht, die Dampfkondensate ein Temperaturniveau haben,

das relativ geringfügig unter jenem der Abgase liegt, und die heißesten Abgase mit den heißesten Kondensaten und die kühlestes Abgase mit den kühlestes Kondensaten assoziiert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Dampfkondensat aus dem "Niederdruck"-Bereich des Erwärmungskreises für das dem Kessel zugeführte Wasser kommt, und daß der durch Wärmetausch mit den Abgasen gebildete Dampf in den genannten "Niederdruck"-Bereich zurückgeführt wird, um bei der Erwärmung des dem Kessel zugeführten Wassers mitzuwirken.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, verwendbar in einem thermischen Dampfturbinenkraftwerk, in welchem Dampf der Turbine entnommen wird, um das dem Kessel (CH) zugeführte Wasser zu erwärmen, und welches zu diesem Zweck eine Reihe von Vorwärmern ($R_1...R_4$) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus mindestens einem Rekuperator-Verdampfer ($RE_1...RE_3$) besteht, in welchem die Abgase ihre Wärme mit Wasserdampfkondensat austauschen, das von einem der genannten Vorwärmer ($R_1...R_4$) ab gegeben wird und ausschließlich aus einer Entnahme aus der Dampfturbine stammt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Rekuperatoren-Verdampfer ($RE_1...RE_3$) Behälter sind, die mindestens zwei Rauchkammern (6, 7) und ein Rohrbündel (8) enthalten, durch deren Inneres die Abgase strömen, die nacheinander die Rekuperatoren-Verdampfer (RE_3 , RE_2 und RE_1) passieren und sich dabei abkühlen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Rekuperatoren-Verdampfer ($RE_1...RE_3$) eine Fraktion der Kondensate der Vorwärmer (R_1 , R_2 , R_3) aufnehmen und diese bei Kontakt mit den von den Abgasen durchströmten Rohren verdampfen, wobei der gebildete Dampf zu den Vorwärmern, aus denen die Kondensate stammen, zurückgeführt wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei aufeinanderfolgende Rekuperatoren-Verdampfer in einem einzigen Apparat integriert sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwei aufeinanderfolgende Rekuperatoren-Verdampfer in einem einzigen Apparat mit einer den beiden Rekuperatoren-Verdampfern gemeinsamen und zwischen diesen angeordneten Rauchkammer integriert sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Rohre (8) der Einheit von mindestens zwei aufeinanderfolgenden Rekuperatoren-Verdampfern entspricht und daß die verschiedenen Rekuperatoren-Verdampfer durch eine dichte Rohrplatte (21) getrennt sind, die das Durchlaufen von Flüssigkeit zwischen den jedem Rekuperator-Verdampfer zugehörigen Wärmetauschräumen verhindert.

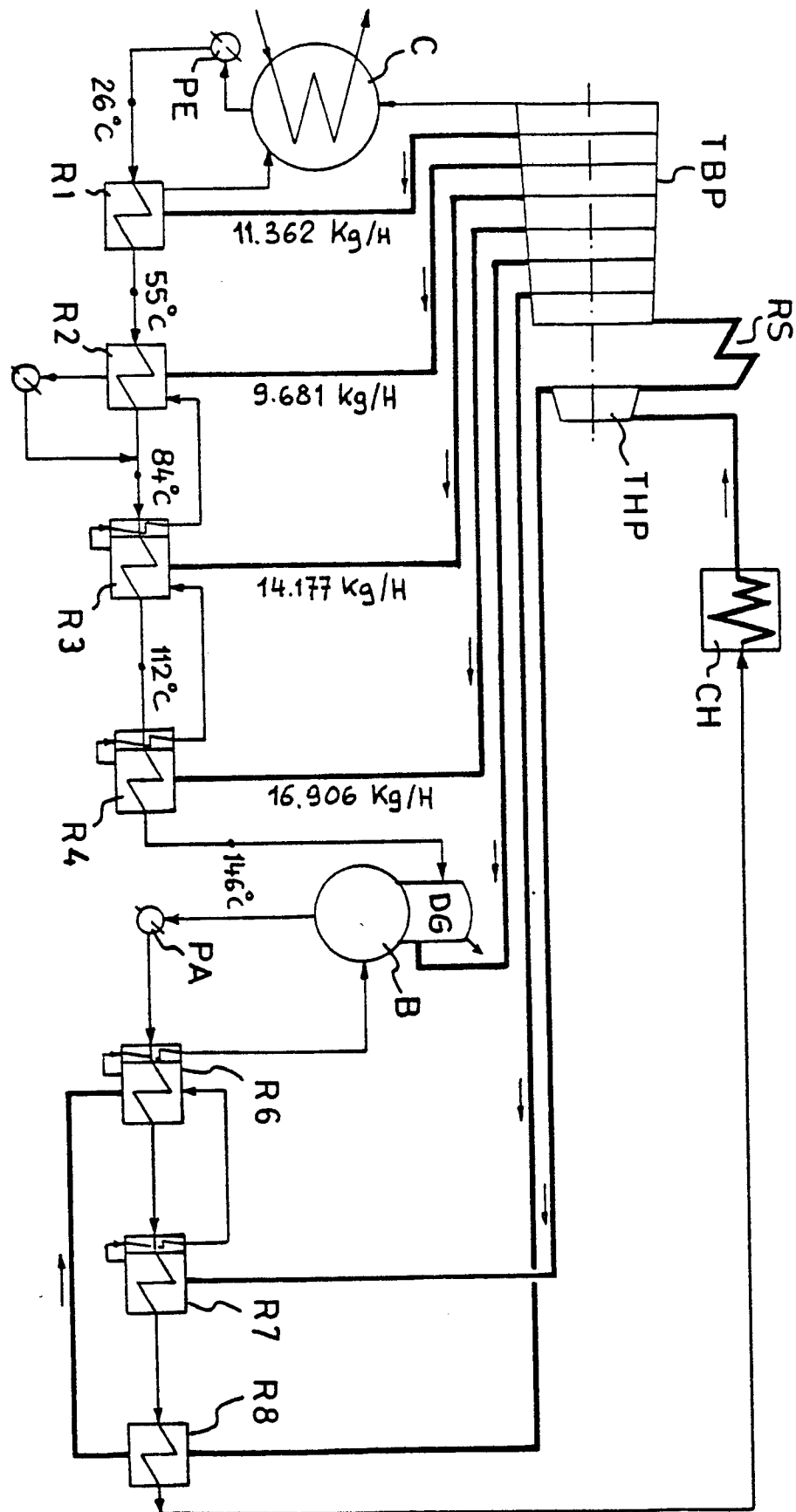


FIG. 1

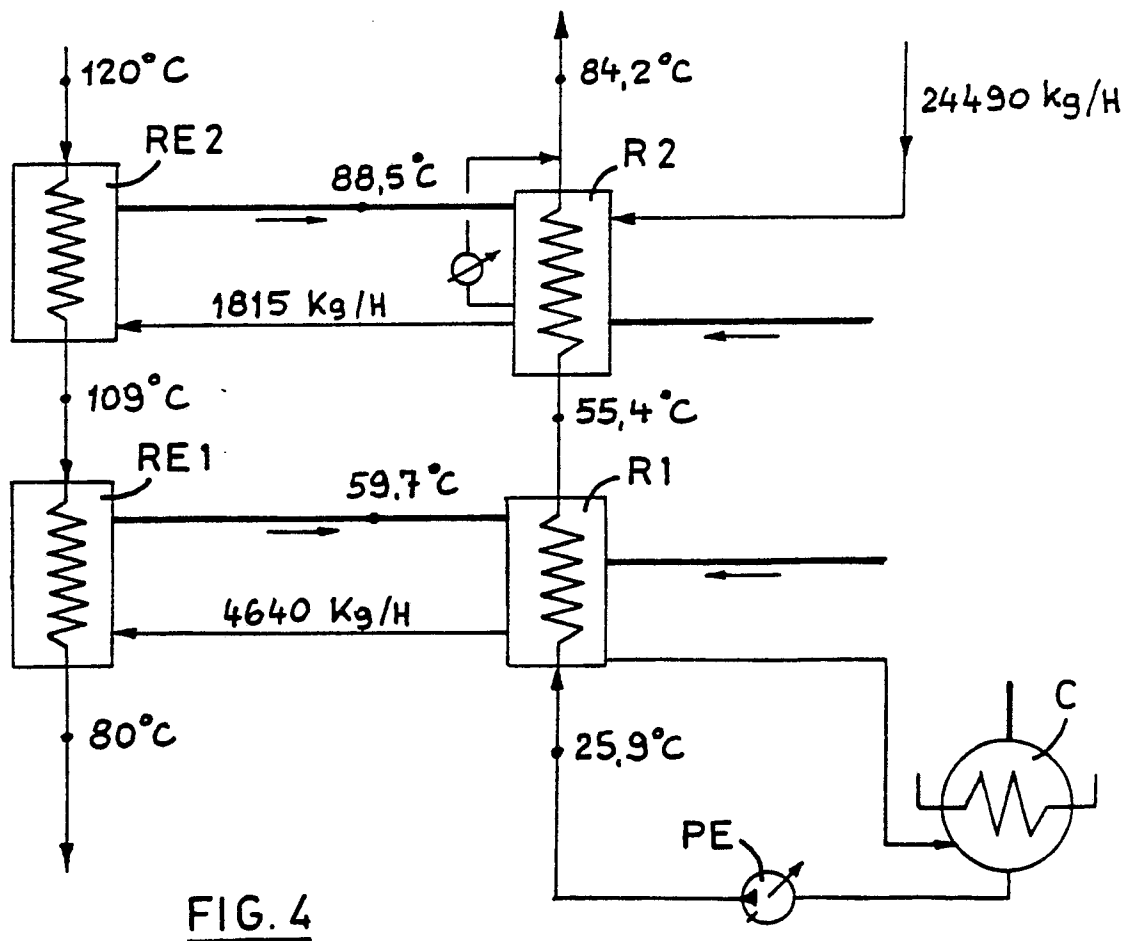
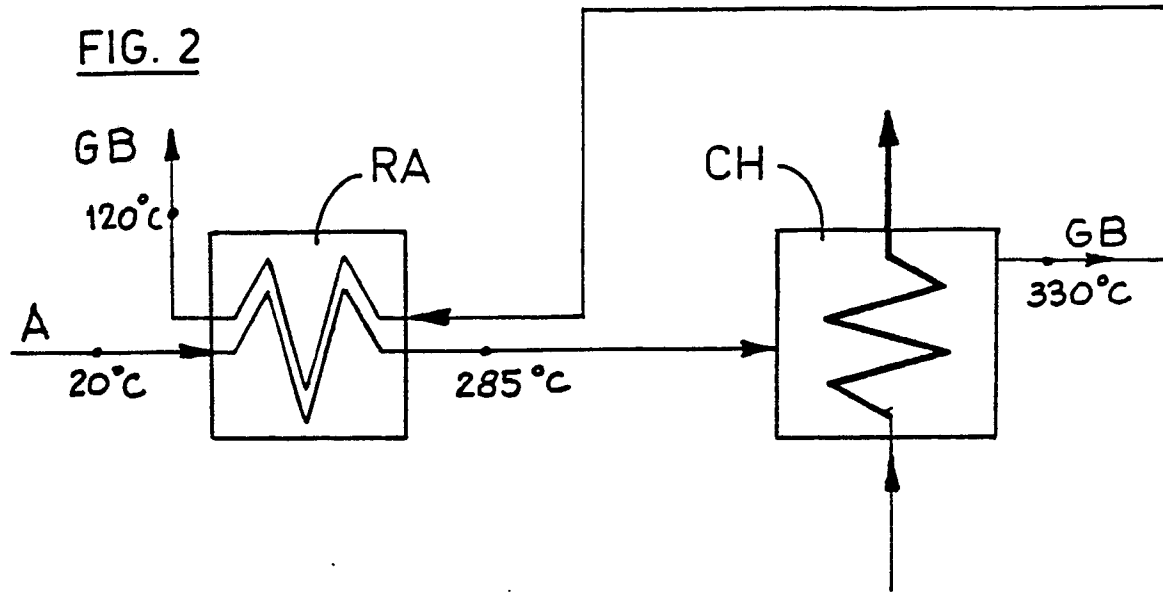


FIG. 3

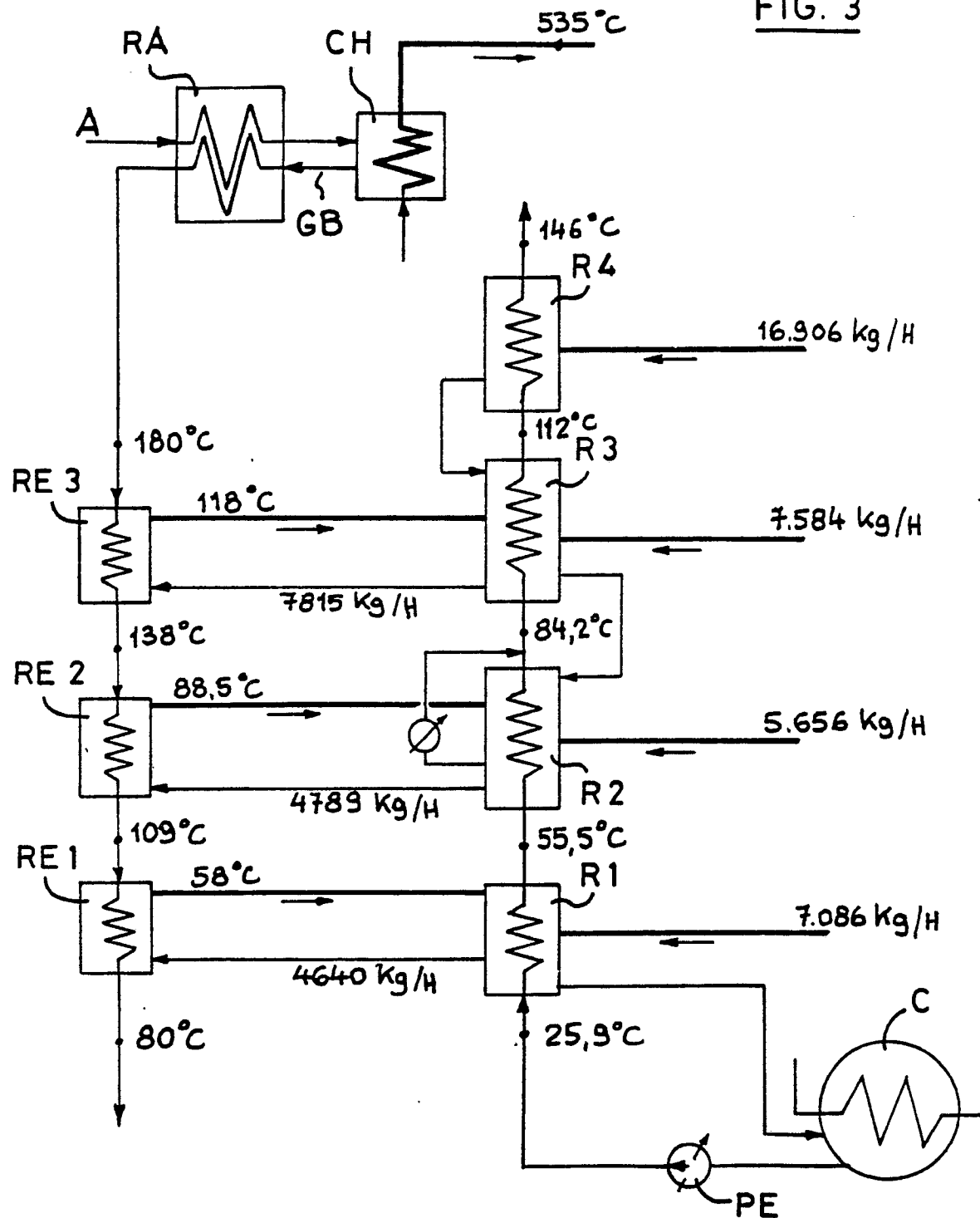


FIG. 5

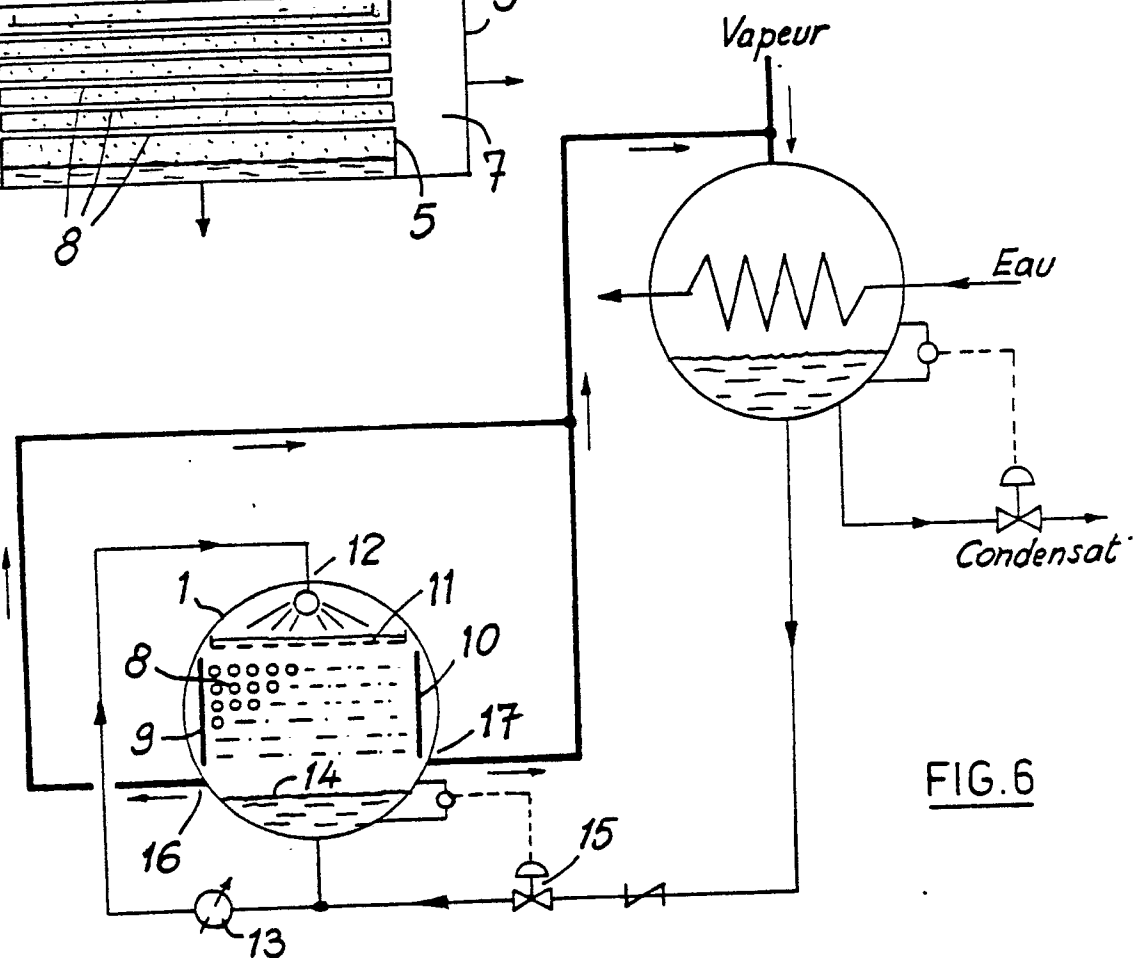
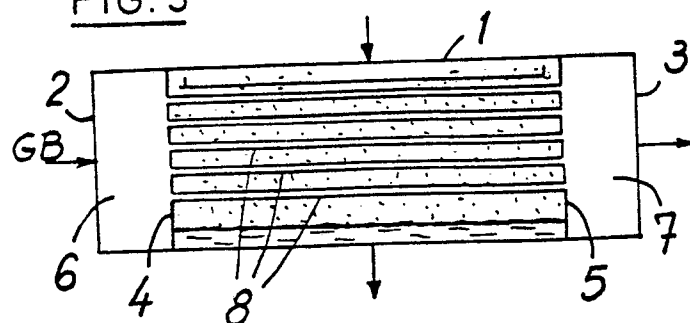


FIG. 6

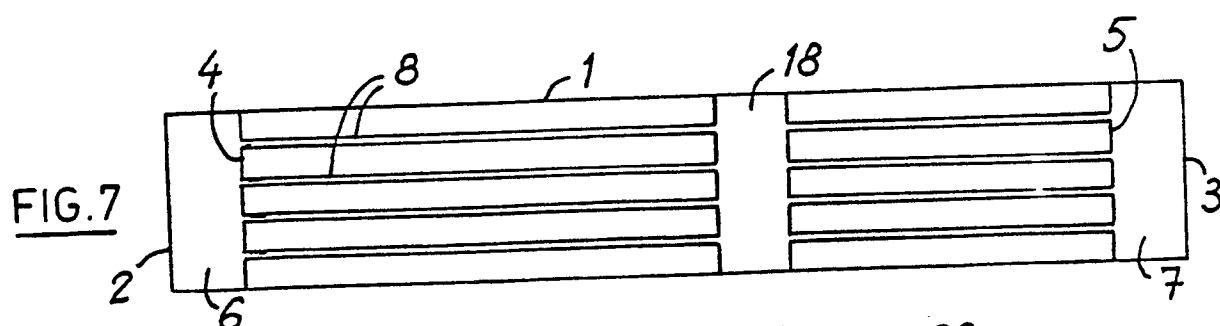


FIG. 7



FIG. 8