

①⑨



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

①① Numéro de publication:

**0 088 717
B1**

①②

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:
19.11.87

⑤① Int. Cl.⁴: **F 23 N 1/02, F 23 N 5/00**

②① Numéro de dépôt: **83630042.6**

②② Date de dépôt: **07.03.83**

⑤④ **Procédé pour optimiser le fonctionnement d'un four.**

③① Priorité: **09.03.82 LU 83989**

④③ Date de publication de la demande:
14.09.83 Bulletin 83/37

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
19.11.87 Bulletin 87/47

⑧④ Etats contractants désignés:
BE DE FR GB IT NL

⑤⑥ Documents cités:
**EP - A - 0 030 736
DE - A - 2 745 459
DE - A - 3 010 147
US - A - 3 284 615
US - A - 4 097 218**

**INSTRUMENTS & CONTROL SYSTEMS, vol. 49, no. 6,
juin 1976, pages 25-32, Radnor, PA, US; R.T.KELLER et
al.: "New control system + one boiler X multiple fuels =
lower costs"**

⑦③ Titulaire: **ARBED S.A., Avenue de la Liberté 19,
L-2930 Luxembourg (LU)**

⑦② Inventeur: **Kriessler, François, 9 rue Ermesinde,
L-4992 Sanem (LU)**

⑦④ Mandataire: **Neyen, René, Administration Centrale de
l'Arbed Case postale 1802, L-2930 Luxembourg (LU)**

EP 0 088 717 B1

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

Description

L'invention concerne un procédé pour optimiser le fonctionnement d'un four, notamment d'un four industriel servant à réchauffer des matières métalliques (four Pit, four à longeron, four poussant etc.). Elle concerne plus spécialement l'optimisation du rapport entre le combustible et le comburant, dans le but d'avoir dans les gaz d'échappement uniquement des composés qui ne sont ni oxydants, ni oxydables.

L'optimisation de ce rapport est essentielle d'un point de vue énergétique et métallurgique. Pour assurer une combustion complète, il est en effet courant de faire fonctionner des fours servant à réchauffer des lingots en acier avec un excès d'oxygène (0,2 à 0,5%). Or la demanderesse a constaté que cet excès d'oxygène ne se retrouve qu'en partie dans les gaz d'échappement, la quantité restante d'oxygène ayant oxydé le métal, ce qui peut entraîner des pertes de poids de l'ordre de 2%. Si par contre on réduit l'apport d'oxygène, l'oxydation du métal est diminuée, mais la combustion n'est plus complète.

Il est évident qu'un réglage manuel du rapport entre l'oxydant et le combustible ne donne pas de résultats probants. Aussi a-t-on développé des systèmes de régulation automatiques (voir à ce sujet p. ex. le brevet US-A-3.284.615, et en particulier colonne 4, lignes 57-65). Malheureusement le fonctionnement des régulateurs est basé sur une équation du type: combustible = comburant $\times$ constante c.-à.-d. que l'on admet l'existence d'un rapport fixe entre le combustible et le comburant, quel que soit le régime de fonctionnement du four. Or par suite des caractéristiques complexes d'un four (carneau, pouvoir calorifique des gaz, température du produit qui est en train de chauffer), cette équation n'est vérifiée que pour un régime de fonctionnement du four bien déterminé.

D'après l'article «New Control System + one boiler $\times$ multiple fuels = lower costs» paru dans la revue «Instruments & Control Systems», vol. 49, no 6, juin 1976, pages 25-32, il est connu de mesurer le pourcentage d'oxygène dans les gaz d'échappement pour optimiser le rapport entre les débits de combustible et de comburant.

A côté de l'oxygène, il est indiqué de déterminer également le CO et le CO₂. Pour effectuer cette analyse il existe principalement deux systèmes qui se distinguent surtout par le montage du détecteur:

dans un premier système le détecteur se présente sous forme d'un long tube réfractaire abritant une cellule de détection et un thermocouple. Le détecteur doit se trouver en contact direct avec les gaz à analyser et être disposé de préférence au milieu du carneau. Etant donné l'épaisseur des parois du carneau recouvertes de réfractaires, cette dernière condition est difficilement réalisable par suite de la longueur des tubes réfractaires offerts sur le marché. Les variations de température auxquelles cette sonde est soumise influencent fortement les résultats de me-

sure, de sorte qu'une correction en fonction de la température est indispensable.

A ceci vient s'ajouter une technique compliquée de montage de ces détecteurs qui ne supportent aucun choc thermique et qui doivent habituellement être remplacés sans qu'on puisse arrêter le four. Après chaque remplacement de détecteur il faut refaire un étalonnage délicat.

Dans un deuxième système, le détecteur se présente sous forme d'une cellule de mesure qui est montée dans une chambre de petites dimensions, dans laquelle la température est tenue constante à environ 800 °C. Une pompe aspire les fumées à analyser à travers une sonde de prélèvement munie de filtres et les refoule à travers la chambre d'analyse. Dans ce système la profondeur du prélèvement est réalisable à l'aide de tubes réfractaires, que l'on coupe à la longueur voulue.

La correction des résultats d'analyse en fonction de la température n'est pas nécessaire. Le remplacement du détecteur ne pose pas le problème du choc thermique. L'étalonnage se fait assez facilement en injectant un gaz de composition connue dans la chambre d'analyse.

Les désavantages consistent en un prélèvement et traitement complexe des fumées avec sondes, filtres, purges et vannes qui nécessitent beaucoup d'entretien et qui représentent autant de possibilités de défauts comme p.ex. l'aspiration d'air dans les conduites en dépression.

L'invention a pour but de proposer un procédé de régulation d'un four qui ne présente pas les défauts précédemment décrits, à savoir une durée de vie limitée des cellules de mesure, des frais d'installation et d'achat élevés et une fiabilité de fonctionnement douteuse.

Ce but est atteint grâce au procédé tel qu'il est caractérisé dans la revendication 1. Des exécutions préférentielles de l'invention sont décrites dans les revendications dépendantes 2-4.

Les avantages obtenus par l'invention consistent essentiellement en ce que le rapport optimal entre le combustible et le comburant n'est pas déterminé par l'intermédiaire de dispositifs fragiles d'analyse de gaz, mais par des composants électroniques qui calculent les conditions optimales de fonctionnement à partir des caractéristiques du four qui auront été relevées soigneusement une fois pour toutes. Ces caractéristiques peuvent être vérifiées une fois par an ou bien en cas d'anomalies de fonctionnement. Les frais de réalisation du système sont réduits et l'appareillage ne nécessite pratiquement pas d'entretien.

L'invention sera exposée plus en détail à l'aide de figures qui en représentent seulement un mode d'exécution.

La figure 1 montre un schéma de principe illustrant la régulation d'un four Pit.

La figure 2 montre un diagramme de combustion optimal relevé sur un four Pit.

Sur la figure 1 est représenté un four Pit 1 comportant un dispositif d'évacuation 2 des fumées de combustion qui traversent deux échangeurs de chaleur 3 et 4 servant à préchauffer le combustible

et le comburant. Le combustible est dans le cas présent du gaz de haut-fourneau (amené par la conduite 5a) enrichi en gaz naturel (amené par la conduite 5b) de sorte à maintenir un PCI (pouvoir calorifique intrinsèque) constant. La capacité énergétique constante du combustible est assurée par un système doseur 5c. Notons au passage que lorsqu'on utilise du gaz naturel pur ou un fuel liquide on ne procède pas à un préchauffage.

Le débit du combustible est contrôlé par un ventilateur 6a et par une vanne 6c commandée par un servo-moteur 6b. Ce dispositif est situé de préférence en amont de l'échangeur 4.

Comme comburant on peut utiliser de l'air éventuellement enrichi en oxygène dont le débit est pareillement contrôlé par un ventilateur 7a et une vanne 7c commandée par un servo-moteur 7b. La vanne 7c est située entre l'échangeur de chaleur 3 et un débitmètre 15. Le combustible et le comburant sont ensuite amenés par les conduites 8 resp. 9 au brûleur 10 du four. Un capteur de pression 11 surveille la pression régnant à l'intérieur du four et transmet les valeurs mesurées à un système régulateur de pression 12a commandant un servo-moteur 12b, qui agit sur une vanne 12c, montée de préférence en aval de l'échangeur de chaleur 4, dans la cheminée d'évacuation des fumées de combustion.

La température des fumées de combustion est surveillée en permanence en amont et en aval des échangeurs de chaleur 3,4 par les capteurs 13 b et 13 c et des dispositifs de sécurité 16a et 16b font entrer de l'air ambiant dans le dispositif d'évacuation des fumées 2 lorsque les températures mesurées dépassent des limites fixées d'avance. Notons encore que la température du combustible ainsi que celle du comburant sont mesurées en aval des échangeurs de chaleur 3 et 4, par les capteurs 13d, 13e.

Pour la mise en œuvre de l'invention on procède ensuite de façon suivante:

On fait fonctionner le four à sa température d'utilisation normale, qui est dans le cas présent d'environ 1300 °C. On surveille la composition des fumées d'échappement à l'aide d'un analyseur de gaz 17 du genre décrit précédemment. On ajuste de façon connue le rapport entre le combustible et le comburant de sorte à avoir une concentration résiduelle d'oxygène choisie d'avance. Lorsqu'on introduit p.ex. une charge de lingots froids dans le four, la température mesurée par l'intermédiaire du capteur 18 chute. On augmente de façon connue le débit de combustible et de comburant et on ajuste leur rapport en fonction des mesures faites par l'analyseur de gaz 17 de sorte à retrouver la concentration résiduelle d'oxygène voulue. Au fur et à mesure que le lingot chauffe, la demande d'énergie diminue et il y a de nouveaux réglages à faire. On trace ensuite pour une température constante du four le diagramme qui montre quel débit de combustible correspond à quel débit de comburant pour obtenir une concentration résiduelle d'oxygène ou de CO donnée dans les fumées de combustion.

Sur la figure 2 on a représenté cette courbe pour un excès d'oxygène de 0,4% avec en abscisses le débit d'air et en ordonnées le débit de gaz combustibles. La température du four a été gardée constante à 1320 °C. Bien qu'a priori cette courbe puisse être de forme quelconque on constate qu'elle est linéaire dans le cas présent. La demanderesse a trouvé que cette courbe de réponse est toujours proche d'une droite dans les gammes de fonctionnement normales d'un four Pit. Cette circonstance simplifie l'automatisation du fonctionnement de ce four, mais ne limite en rien l'envergure de l'invention qui est en fait indépendante de la forme de cette courbe.

Une fois qu'on a relevé et éventuellement emmagasiné dans le système de calcul 24 la/les courbes de réponse pour la/les températures et concentrations résiduelles d'oxygène ou de CO en considération, on court-circuite l'analyseur des gaz 17 et on fait fonctionner le four de manière automatique. On entre les données définissant la quantité résiduelle d'oxygène ou de CO désirée dans les fumées de combustion dans le système de calcul 24. Le dispositif 22 est réglé à la température désirée. On compare la température réelle du four, mesurée grâce au capteur 18, à la température désirée dans un comparateur 21 qui transmet, selon le résultat, un signal d'ouverture ou de fermeture au servo-moteur 7b couplé à la vanne 7c.

Le débit réel de l'air est mesuré à l'aide d'un débitmètre 15, relié à un convertisseur (analogique ou digital) débit – tension 23 qui communique le résultat de mesure au système de calcul 24. Le système 24 transmet au régulateur 25, pour chaque débit de comburant mesuré, le débit de combustible exigé pour avoir une combustion en accord avec la concentration résiduelle d'oxygène ou de CO désirée dans les fumées de combustion. Pour optimiser davantage le fonctionnement du four, on relie également le système de calcul 24 au capteur de température 18 de sorte qu'il base ses calculs sur les données qui sont en accord non pas avec la température choisie, mais avec la température instantanée du four.

Dans l'exemple d'un four Pit, tel qu'il a été décrit précédemment, dans lequel il existe une simple relation linéaire entre les débits de combustible et de comburant pour avoir une combustion optimale, le système de calcul 24 peut se réduire à un simple circuit analogique dans lequel on multiplie le débit d'air mesuré par un facteur égal à la pente de la droite représentée en fig. 2 et on retranche une valeur fixe dépendant de l'endroit où la droite traverse l'axe des ordonnées. Dans ce cas on base le fonctionnement du four sur une unique courbe de réponse correspondant à la température de fonctionnement choisie du four et on ne tient pas compte des variations instantanées de la température de celui-ci.

La valeur optimale de combustible qui correspond au débit d'air mesuré est transmise au régulateur 25 qui agit sur un servo-moteur 6b relié à la vanne 6c. Le débit réel du combustible est sur-

veillé à l'aide du débitmètre 14 et comparé, après conversion dans le convertisseur débit – tension 26, à la valeur de consigne calculée par le dispositif 24. Le régulateur 25, qui compare ces deux valeurs, transmet ensuite un signal de correction au servo-moteur.

Nous remarquons que le débit d'air n'est pas directement asservi dans l'exemple décrit, bien qu'un asservissement soit réalisable avec des moyens réduits, étant donné qu'on mesure ce débit de toute façon. Ceci provient du fait que le débit d'air est indirectement asservi par l'intermédiaire de la température mesurée dans le four.

Dans l'exemple décrit, on a ajusté le débit de combustible en accord avec le débit de comburant. La façon inverse de procéder est tout aussi valable.

On peut évidemment pour des fours polyvalents mettre en mémoire dans le système de calcul 24 une multitude de diagrammes combustible – comburant pour des excès d'oxygène et de CO différents et passer ensuite aisément d'un régime de fonctionnement à un autre par de simples réglages électroniques.

Revendications

1. Procédé pour optimiser le fonctionnement d'un four industriel servant à réchauffer des matières métalliques, tel qu'un four Pit, un four à longeron ou un four poussant, dans lequel on ajuste le rapport de débit entre combustible et comburant de sorte à maintenir une quantité résiduelle fixe d'oxygène ou de CO dans les fumées de combustion, caractérisé en ce qu'on relève au départ les courbes caractéristiques de fonctionnement du four pour différentes températures, différentes charges du four et différentes concentrations résiduelles en oxygène ou en CO dans les fumées de combustion, en ce qu'on met ces courbes en mémoires et en ce qu'on mesure, lors du fonctionnement normal du four, la température réelle du four ainsi que le débit de comburant et qu'on ajuste le débit de combustible conformément aux courbes mises en mémoire de sorte à avoir la quantité résiduelle d'oxygène ou de CO désirée dans les fumées de combustion.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on établit les courbes de réponse à charge variable en gardant la température du four et la quantité résiduelle d'oxygène ou de CO dans les fumées de combustion constantes.

3. Procédé selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on établit les courbes de réponse pour chaque température de fonctionnement du four entrant en considération ainsi que pour chaque quantité résiduelle d'oxygène ou de CO dans les fumées de combustion.

4. Procédé selon une des revendications 1 à 3, modifié en ce qu'on mesure le débit du combustible au lieu de celui du comburant et en ce qu'on ajuste le débit du comburant au lieu de celui du combustible.

Claims

1. Method to optimize the operation of an industrial furnace used for heating metallic material such as a soaking pit, a pusher type furnace or a walking beam type furnace, wherein the ratio of the fuel flow rate to the oxydant is adjusted in order to maintain a set residual amount of oxygen or carbon monoxide in the exhaust gases, characterized in that at the start the working characteristics of the furnace are established for different temperatures, different furnace loads and different residual amounts of oxygen or carbon monoxide in the exhaust gases, in that these characteristics are memorized, in that during normal furnace operation the actual furnace temperature and the oxydant flow rate are measured and in that the fuel flow rate is adjusted in conformity with the memorized characteristics in order to have the desired residual amount of oxygen or carbon monoxide in the exhaust gases.

2. Method according to claim 1, characterized in that the working characteristics are established under variable load conditions, whereby the furnace temperature and the residual amount of oxygen or carbon monoxide in the exhaust gases are maintained constant.

3. Method according to claim 1 or 2, characterized in that the working characteristics are established at every usual working temperature of the furnace as well as for every residual amount of oxygen or carbon monoxide in the exhaust gases.

4. Method according to one of the claims 1–3, modified in that the fuel instead of the oxydant flow rate is measured and in that the oxydant flow rate instead of the fuel flow rate is adjusted.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Optimieren des Betriebes eines Industrie-Ofens welcher zum Erhitzen von Metall-Material verwendet wird, wie bspw. ein Tief-ofen, ein Balkenherdofen oder ein Stossofen, in dem man das Verhältnis der Durchflussmengen von Verbrennungsmittel und Brennstoff einstellt um eine feste Restmenge an Sauerstoff oder Kohlenmonoxyd in den Abgasen aufrechtzuerhalten, dadurch gekennzeichnet, dass man zu Beginn die Arbeitskennlinien des Ofens, für verschiedene Temperaturen, verschiedene Beladungen und verschiedene Restmengen an Sauerstoff oder Kohlenmonoxyd in den Abgasen aufnimmt, dass man diese Kennlinien speichert, und dass man während des normalen Ofenbetriebes die reelle Temperatur des Ofens sowie den Durchsatz an Verbrennungsmittel misst und den Durchsatz an Brennstoff in Abhängigkeit der gespeicherten Kennlinien regelt, so dass man die gewünschte Restmenge an Sauerstoff oder Kohlenmonoxyd in den Abgasen erhält.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man die Kennlinien unter veränderlicher Belastung aufstellt und die Temperatur des Ofens und die Restmengen an Sauerstoff oder Kohlenmonoxyd konstant hält.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man die Kennlinien für jede relevante Betriebstemperatur aufstellt sowie für jede Sauerstoff- oder Kohlenmonoxyd-Restmenge in den Abgasen.

4. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis

3, dadurch abgeändert, dass statt des Durchsatzes an Verbrennungsmittel derjenige des Brennstoffs gemessen wird, und dass man den Durchsatz des Verbrennungsmittels anstelle des Brennstoffs regelt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

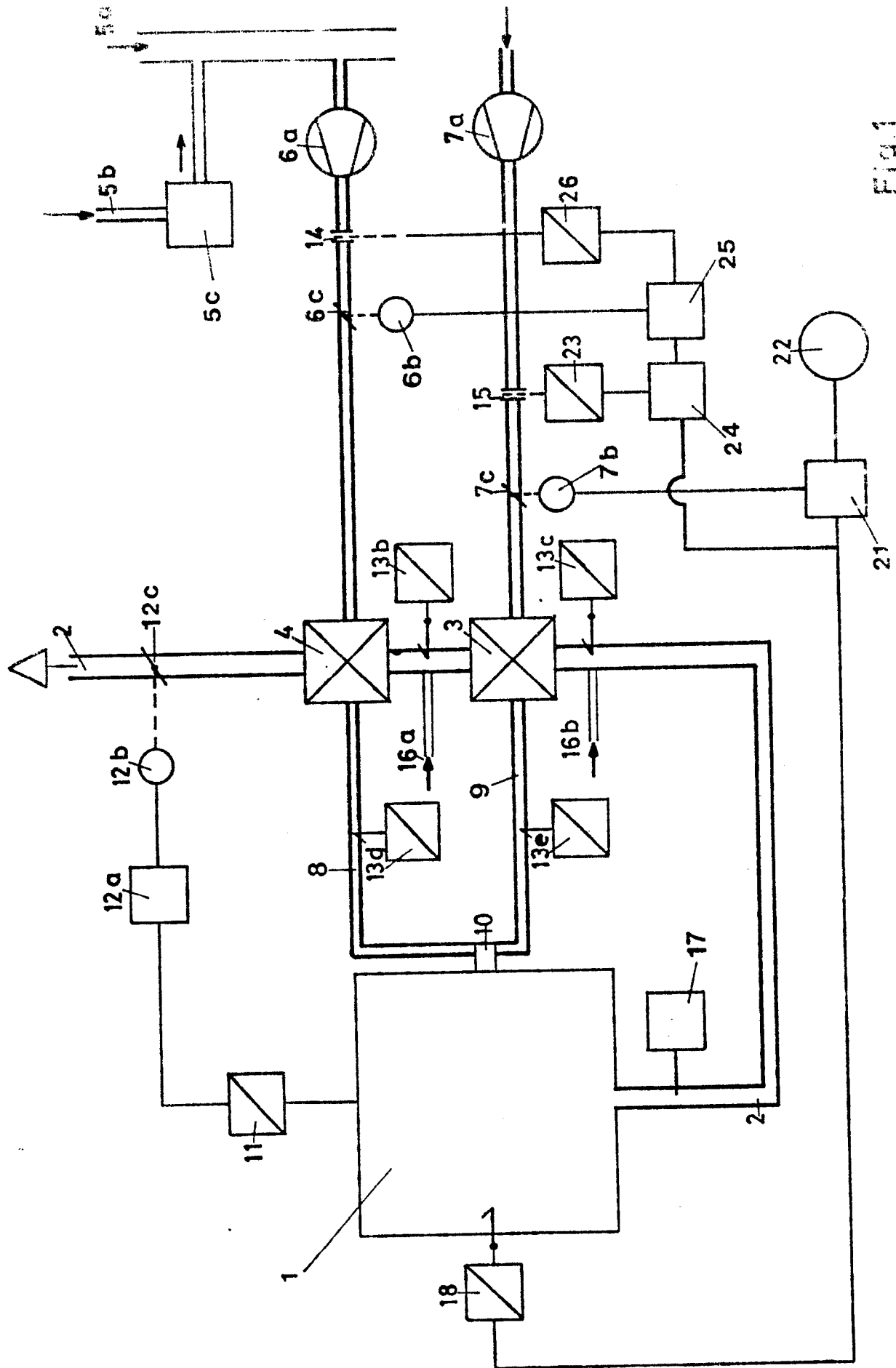


Fig. 1

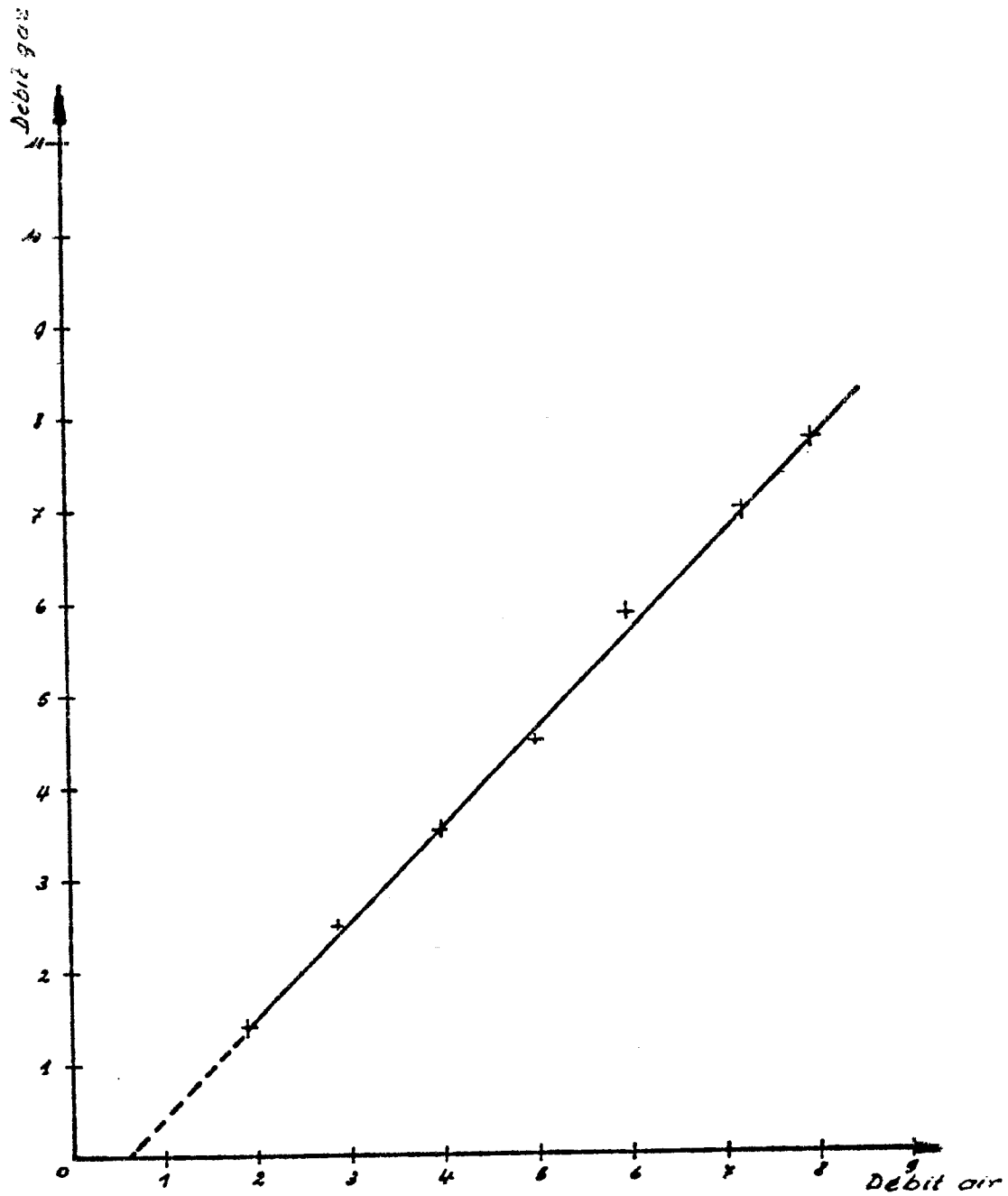


FIG 2