

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 463 357

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 17037

(54)

Chaudière à parcours unique à circulation forcée.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). F 22 B 21/34, 37/12.

(22)

Date de dépôt..... 1^{er} août 1980.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : Japon, 1^{er} août 1979, n° 98307/1979.

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 8 du 20-2-1981.

(71)

Déposant : Société dite : MITSUBISHI JUKOGYO KK, résidant au Japon.

(72)

Invention de : Tomozuchi Kawamura, Hisao Haneda et Tadamasa Sengoku.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Claude Rodhain, conseils en brevets d'invention,
30, rue La Boétie, 75008 Paris.

Chaudière à parcours unique à circulation forcée.

La présente invention se rapporte à une chaudière à parcours unique à circulation forcée qui travaille à une pression hypercritique sous charge continue maximum et à une pression
5 comprise dans l'intervalle de pressions subcritiques dans des conditions de charge partielle.

Avec les chaudières à pression hypercritique variable du type classique, il est habituel de maintenir les températures des parois des tubes des écrans d'eau pendant le fonctionnement à pression variable sous charge faible dans des intervalles
10 de températures admissibles, uniquement en agissant sur le débit du parcours unique. De cette façon, pour maintenir la vitesse massique du fluide dans les tubes des écrans d'eau sous la charge donnée au-dessus du niveau critique, on règle la vitesse massique sous charge continue
15 maximum sur une valeur deux à trois fois plus grande que celle correspondant à une chaudière à pression hypercritique du type à fonctionnement sous pression constante, comme indiqué sur la Figure 1. Ceci dans le but d'améliorer le coefficient de transmission de la chaleur de la chaudière après l'arrivée au point d'écartement de l'ébullition à noyaux
20 (désigné ci-après par le sigle "EEN").

Pour les besoins expliqués plus haut, l'arrangement de tubes d'écrans d'eau classiques pour le foyer n'est pas composé de tubes verticaux mais, ainsi qu'on l'a représenté sur la Figure 2, de tubes enroulés en hélice. Dans l'agencement représenté,
25 les tubes vaporisateurs 201 ne sont pas verticaux mais inclinés. Par conséquent, comparativement aux chaudières ordinaires à tubes verticaux dans lesquels les tubes d'écrans d'eau supportent eux-mêmes leur propre poids, la structure support de la paroi du foyer est d'une construction compliquée et sa fabrication est coûteuse.

30 La présente invention a pour but de simplifier la structure porteuse de la paroi du foyer de la chaudière à pression hypercritique variable et de réduire son coût de fabrication. L'invention a pour objet une chaudière à parcours unique à circulation forcée qui travaille à une pression hypercritique sous charge continue
35 maximum et à une pression contenue dans l'intervalle des pressions

subcritiques dans les conditions de charge partielle, chaudière dans laquelle les tubes d'écrans d'eau constituant les parois enveloppantes de la chambre de combustion comprennent des faisceaux de tubes en parallèle pour l'écoulement ascendant simultané et les surfaces chauffantes par rayonnement des parois inférieures, avant, arrière et latérales du foyer sont partiellement ou totalement composées de tubes rayés.

Une caractéristique de l'invention consiste donc en ce que, en tirant parti du fait que le coefficient de transmission de la chaleur est plus élevé après l'arrivée au point EEN des tubes rayés que celui des tubes normaux non rayés et lisses sur leur face interne, on peut améliorer le coefficient de transmission de la chaleur au-delà du EEN sans accroître la vitesse massique.

Par ailleurs, l'invention a pour objet une chaudière à parcours unique à circulation forcée qui travaille à une pression hypercritique sous charge maximum continue et à une pression contenue dans l'intervalle des pressions subcritiques dans les conditions de charge partielle, dans laquelle les tubes d'écrans d'eau constituant les parois enveloppantes de la chambre de combustion comprennent des faisceaux de tubes en parallèle pour l'écoulement ascendant simultané, toutes les parois, sauf les parties inférieures du foyer, c'est-à-dire les parois avant, arrière et latérales, sont composées de tubes montants verticaux et les surfaces chauffantes par rayonnement des parois inférieures avant, arrière et latérales du foyer, sont composées en partie ou en totalité de tubes rayés. Une autre caractéristique de l'invention consiste dans le fait que, étant donné que les parois avant, arrière et latérales du foyer sont toutes composées de tubes montants verticaux, les structures porteuses des parois sont simplifiées et que, en conséquence, le coût de fabrication peut être avantageusement réduit.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre. Aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemple,

- la Fig. 1 est un graphique sur lequel on a indiqué la vitesse massique régnant dans les tubes vaporisateurs en fonction du débit moyen de vapeur dans les chaudières à pression hypercritique;

- la Fig. 2 est une vue en transparence d'une chaudière classique du type à tube de paroi enroulé en hélice qui montre la construction intérieure;

5 - la Fig. 3 est une vue schématique de la construction d'une chaudière à pression hypercritique suivant l'invention;

- la Fig. 4 est une vue partielle, en partie en coupe d'un tube rayé destiné à être utilisé dans la chaudière à pression hypercritique suivant l'invention;

10 - la Fig. 5 est un graphique montrant les relations entre la hauteur des tubes des écrans d'eau et les flux maximum de chaleur sur les surfaces externes des tubes des écrans d'eau, la qualité de la vapeur, la qualité de vapeur produisant le EEN, la température du fluide à l'intérieur des tubes et les températures du
15 métal des tubes de la chaudière à pression hypercritique;

- la Fig. 6 est un graphique montrant les températures du métal sous différentes charges à la pression hypercritique; et

20 - la Fig. 7 est un graphique montrant la relation entre la pression du fluide et l'enthalpie dans la chaudière à pression hypercritique sous diverses charges.

L'invention sera décrite ci-après en détail, en regard des Figures 3 et 4.

Les tubes 1 de la paroi avant, les tubes
25 2 de la paroi arrière et les tubes 3 des parois latérales sont combinés pour constituer un foyer (une chambre de combustion 4). Des collecteurs d'entrée 1a, 2a et 3a sont prévus respectivement pour les parois avant, arrière et latérales du foyer. Par ailleurs, des collecteurs de sortie 1b, 2b et 3b sont prévus respectivement pour ces mêmes parois
30 du foyer. Les tubes 1, 2 et 3 des parois avant, arrière et latérales, sont tous composés de faisceaux de tubes disposés en parallèle pour l'écoulement ascendant simultané. A l'exception des parties inférieures du foyer, les parois avant, arrière et latérales sont toutes composées de tubes montants verticaux. Ces tubes sont constitués en partie ou en
35 totalité par des tubes rayés 15 tels que celui représenté sur la Fig. 4.

La Fig. 3 montre également un conduit de gaz 5, un faisceau tubulaire économiseur 6, un collecteur 7 de sortie de l'économiseur, un tube de liaison pour la sortie 8 de l'économiseur, un ballon de distribution 9, des tubes de distribution 10, un surchauffeur primaire 11, un surchauffeur secondaire 12, un réchauffeur à haute température 13 et un réchauffeur à basse température 14.

Dans la chaudière à parcours unique à circulation forcée possédant la construction décrite, l'eau d'alimentation de la chaudière qui a subi un échange de chaleur en passant dans le faisceau économiseur 6 est rassemblée dans le collecteur de sortie 7 de l'économiseur et elle est tout d'abord envoyée en circulation descendante par le tube de liaison 8 vers le ballon de distribution 9 puis répartie par les tubes de distribution 10, et par l'intermédiaire des collecteurs 1a, 2a, 3a des entrées des parois avant, arrière et latérales, dans les tubes 1, 2, 3 des parois avant, arrière et latérales du foyer. L'eau d'alimentation dont la chaleur a été extraite par les tubes montants simultanés du foyer, termine sa vaporisation et la vapeur est recueillie par les collecteurs 1b, 2b, 3b des sorties des parois avant, arrière et latérales, et envoyée à un séparateur d'eau non représenté. La Fig. 5 montre des exemples types de conditions régnant dans les tubes des écrans d'eau pendant le fonctionnement sous charge partielle de la chaudière à parcours unique du type à tubes verticaux conforme à l'invention. La courbe 501 représente la distribution du flux de chaleur locale maximum dans le sens de la hauteur de certains des tubes d'écrans d'eau du foyer. La courbe 502, qui correspond à la courbe 501, montre la qualité de la vapeur à l'instant où se produit le EEN (X_{EEN}) à différentes hauteurs des tubes des écrans d'eau et la courbe 503 montre, à titre de comparaison, le X_{EEN} dans le cas où l'on utilise des tubes ordinaires lisses, non rayés, en remplacement des tubes rayés.

La courbe 504 représente d'un autre côté la qualité de la vapeur à différentes hauteurs des tubes des écrans d'eau pendant le fonctionnement normal et la courbe 505 représente la qualité de la vapeur dans les conditions les plus défavorables X_{maxi} . Les courbes 505 et 502 se coupent en un point 506 du niveau H_1 des tubes des écrans d'eau. Ceci signifie que le EEN se produit dans la

zone surmontant la hauteur H_1 des tubes des écrans d'eau. Les courbes 505 et 503 se coupent au point 507, au niveau H_2 des tubes des écrans d'eau. Il en résulte que, lorsqu'on utilise des tubes ordinaires lisses en remplacement des tubes rayés, le EEN se produit dans la région située
5 au-dessus du niveau H_2 des tubes des écrans d'eau.

La courbe 508 indique les variations de la température du fluide dans les tubes des écrans d'eau sur la hauteur des tubes pendant le fonctionnement normal, la courbe 509 représente la température régnant dans les parois refroidies par l'eau dans
10 les plus mauvaises conditions et les courbes 510 et 512 représentent les températures moyenne et de surface externe du métal dans la partie supérieure des tubes pour les tubes rayés des écrans d'eau. Les courbes 511 et 513 représentent les températures moyenne et de surface externe du métal dans la partie supérieure des tubes des parois refroidies par l'eau lorsqu'on utilise des tubes lisses au lieu de tubes
15 rayés. Lorsqu'on utilise des tubes rayés, le EEN se produit au niveau H_1 des tubes des écrans d'eau et comme on l'a indiqué par les courbes 510 et 512, les températures du métal des parois refroidies par l'eau sont au niveau de l'ébullition à noyaux, mais au-dessus du niveau H_1 ,
20 l'apparition du EEN détermine une élévation de la température du métal. Toutefois, dans ce cas, l'utilisation de tubes rayés maintient la température du métal suffisamment basse au-delà du point EEN. La température moyenne 510 du métal de la partie supérieure des tubes et la température 512 de la surface externe du métal dans la partie supérieure
25 des tubes sont toutes deux contenues dans les intervalles de températures admissibles. Sur le graphique, les lignes interrompues verticales 514 et 515 indiquent respectivement les valeurs admissibles des températures moyenne et de surface externe du métal dans la partie supérieure des tubes.

30 Au contraire, dans le cas de la construction à tubes non rayés, le EEN se produit au niveau H_2 des tubes des écrans d'eau et, en raison du phénomène EEN qui se produit au-dessus de ce niveau, les températures 511 et 513 des métaux se trouvent déjà au niveau de l'ébullition pelliculaire ou laminaire. Avec les tubes
35 lisses, dont le coefficient de transmission de chaleur au-delà du EEN est plus bas que celui des tubes rayés, les températures du métal des tubes d'écrans d'eau à des niveaux supérieurs à H_1 sont plus élevés que lorsqu'on utilise des tubes rayés. Au-delà du EEN, les températures

513 et 511, c'est-à-dire les températures moyenne et de surface externe du métal dans la partie supérieure des tubes, sont toutes deux supérieures à l'intervalle admissible.

La Figure 7 représente graphiquement les résultats des expériences faites de la même façon qu'on l'a indiqué en résumé sur la Figure 5, mais avec le fonctionnement à pression variable débutant avec $\beta = 0,75$ (la variation de pression commence à une charge de 75 % de la charge nominale du groupe). La courbe 603 représente la valeur maximum de la température du métal à la surface externe de la partie supérieure des tubes dans le cas de tubes d'écrans d'eau utilisant des tubes rayés suivant l'invention. La courbe 604 représente la température correspondante des tubes d'écrans d'eau en construction non rayée. De même, la courbe 616 représente la température maximum moyenne du métal dans la partie supérieure des tubes dans le cas de tubes d'écrans d'eau rayés suivant l'invention et la courbe 607 représente la valeur correspondante pour des tubes d'écrans d'eau non rayés. Ainsi qu'on peut le voir, lorsqu'on utilise les tubes rayés, la température 604 de la surface externe du métal dans la partie supérieure des tubes et la température moyenne 607 du métal dans la partie supérieure des tubes, sont toutes deux supérieures aux intervalles admissibles sous une charge de chaudière de moins d'environ 60 %. Au contraire, avec les tubes rayés, les deux températures sont contenues dans les intervalles admissibles même lorsqu'on utilise un arrangement à tubes verticaux. Les courbes horizontales interrompues 614 et 615 représentent respectivement les valeurs admissibles de la température moyenne et de la température de la surface externe dans la partie supérieure des tubes. Pour la comparaison, le graphique indique la température 605 de la surface externe du métal dans la partie supérieure des tubes et la température moyenne 608 du métal dans la partie supérieure des tubes pour des parois refroidies par l'eau utilisant un arrangement de tubes enroulés en hélice. Ces deux températures restent dans les intervalles admissibles. Ainsi qu'on peut le voir sur le graphique, les températures du métal des tubes d'écrans d'eau rayés sont bien comparables en performance aux températures des tubes d'écrans d'eau enroulés en hélice.

Avec les chaudières classiques du type à collecteurs, on a quelquefois adopté des tubes rayés dans des construc-

tions à tubes verticaux, dans la plupart des cas dans des chaudières à circulation naturelle. Dans ces cas, l'utilisation de ces tubes rayés était adoptée dans l'intention de maintenir les tubes des écrans d'eau de la chaudière dans la région de l'ébullition à noyaux et d'em-
5 pêcher les tubes des écrans d'eau d'atteindre l'état EEN en utilisant des tubes rayés possédant une qualité de vapeur EEN suffisamment élevée comparativement à la qualité de vapeur que l'on rencontre réellement dans les différentes parties des parois refroidies par l'eau de la chaudière. En d'autres termes, l'utilisation de tubes rayés dans
10 les chaudières du type à collecteurs visait à tirer parti de l'amélioration de la qualité de vapeur au point EEN qu'on obtient avec les tubes rayés par comparaison avec celle qu'on obtient avec les tubes lisses, non rayés.

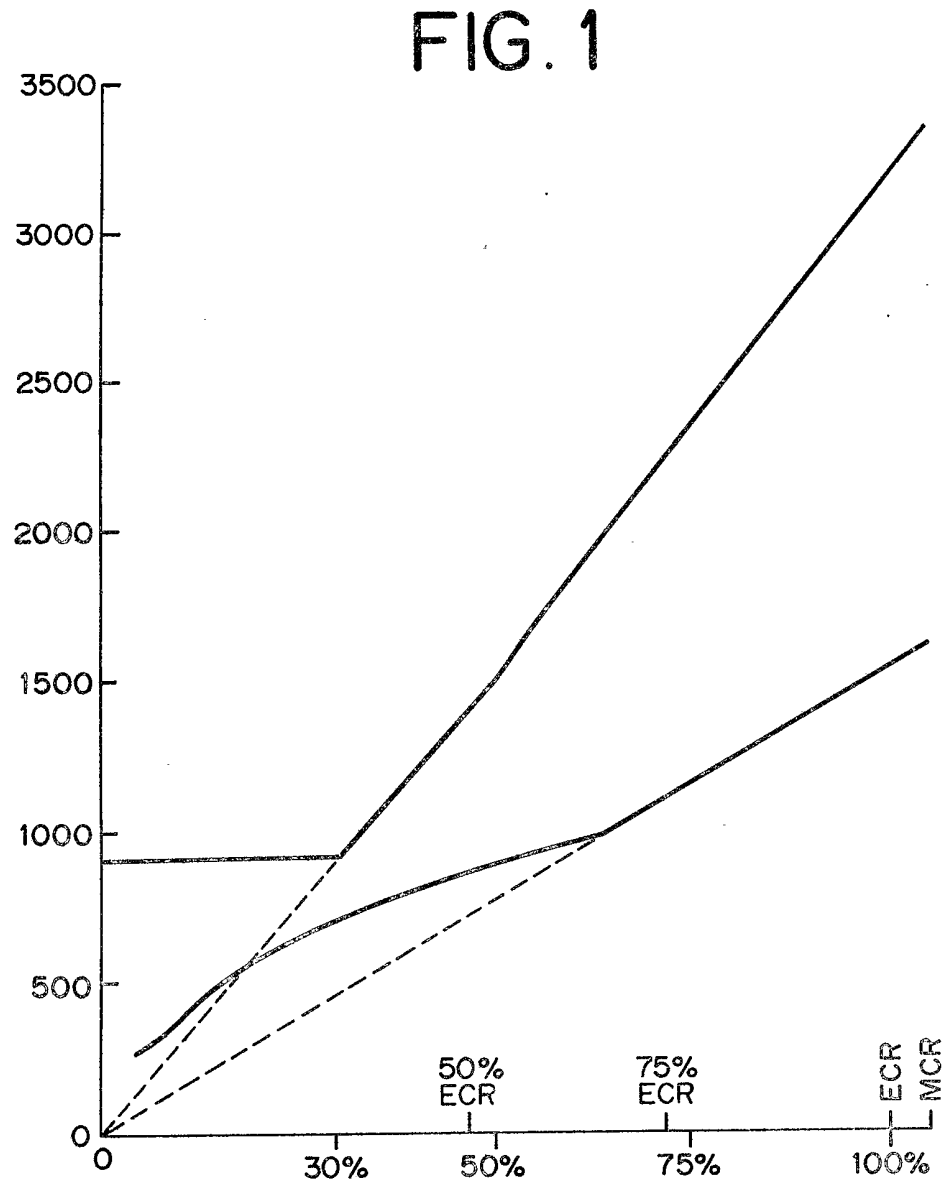
Dans les chaudières du type à collecteurs,
15 la circulation de l'eau s'effectue à travers les parois refroidies par l'eau et, de ce fait, il est nécessaire de prévoir une sortie de paroi refroidie par l'eau dans la région humide. Il a donc été possible de maintenir les conditions de travail des diverses parties des parois refroidies par l'eau dans la région d'ébullition à noyaux grâce à l'u-
20 tilisation des tubes rayés. Dans le cas d'une chaudière à pression hypercritique variable, comme le cas représenté sur la Fig. 7, les sorties des parois refroidies par l'eau se trouvent dans la région de la vapeur sèche, mais, étant donné que la qualité de vapeur EEN n'ex-
cède pas 100 % en dépit de l'utilisation de tubes rayés, il est sans
25 signification d'éviter le EEN pour la chaudière à pression hypercritique variable.

Dans la forme décrite plus haut, la chaudière suivant l'invention peut sembler à première vue être analogue à la chaudière du type à collecteurs à tubes verticaux utilisant des
30 tubes rayés. Toutefois, elle est nouvelle et fondamentalement différente de cette chaudière du type à collecteurs en ce sens que, alors que la chaudière du type à collecteurs à tubes verticaux utilise des tubes rayés afin d'éviter le phénomène de EEN dans les tubes d'écrans d'eau du foyer, l'utilisation de tubes rayés dans la chaudière à pres-
35 sion hypercritique variable dans la construction à tubes verticaux suivant l'invention est faite dans l'intention de permettre l'apparition du phénomène EEN, d'améliorer le coefficient de transmission de la chaleur au-delà de EEN et d'abaisser le niveau de la température du métal des tubes des écrans d'eau.

REVENDICATIONS

1°) - Chaudière à parcours unique à circulation forcée destinée à travailler à une pression hypercritique sous la charge continue maximum et à une pression contenue dans la région des pressions subcritiques dans des conditions de charge partielle, caractérisée en ce que les tubes (1, 2, 3) des écrans d'eau constituant les parois enveloppantes de la chambre de combustion (4) comprennent des faisceaux de tubes disposés en parallèle pour l'écoulement ascendant simultané, et en ce que les surfaces chauffantes par rayonnement des parois inférieure, avant, arrière et latérales du foyer sont composées en partie ou en totalité de tubes rayés (15).

2°) - Chaudière suivant la revendication 1, caractérisée en ce que toutes les parois, sauf les parties inférieures du foyer, c'est-à-dire les parois avant, arrière et latérales, sont composées de tubes montants verticaux.



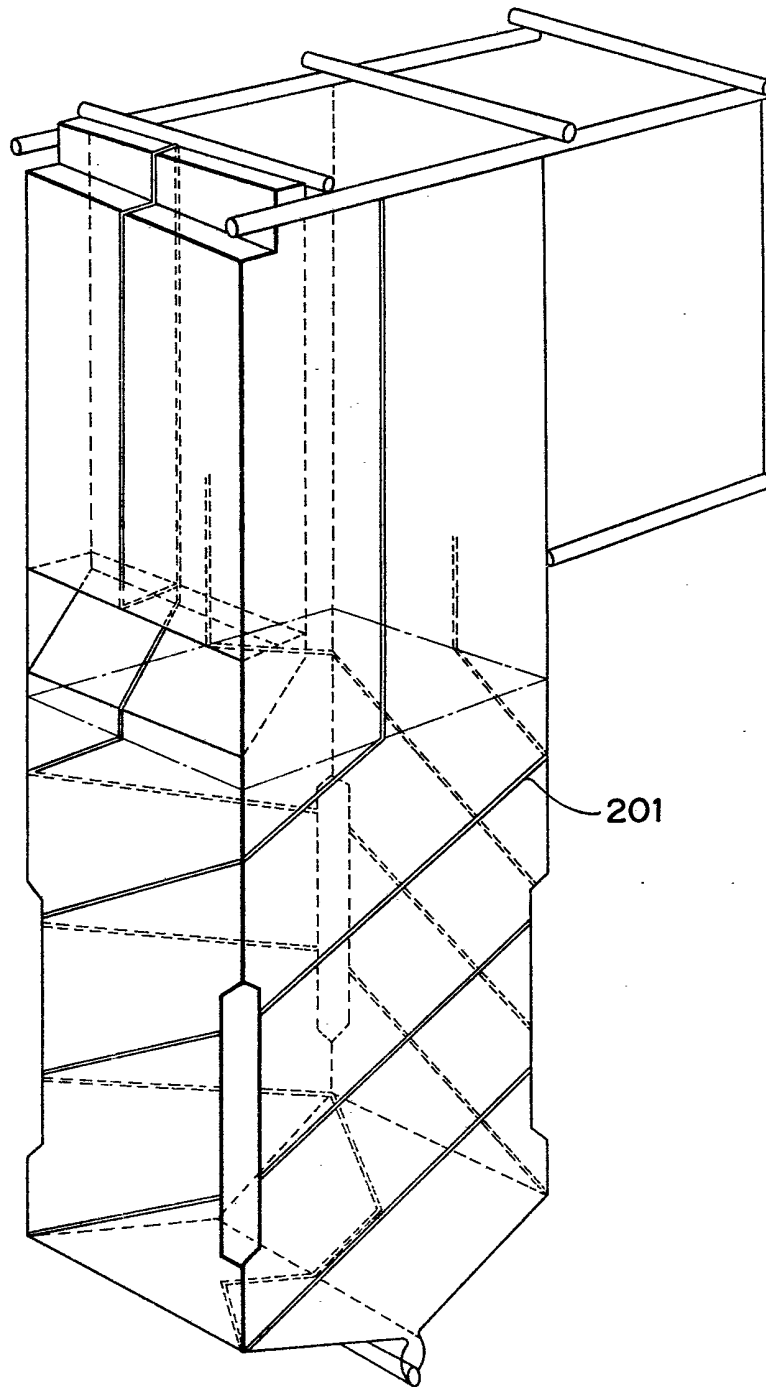


FIG. 3

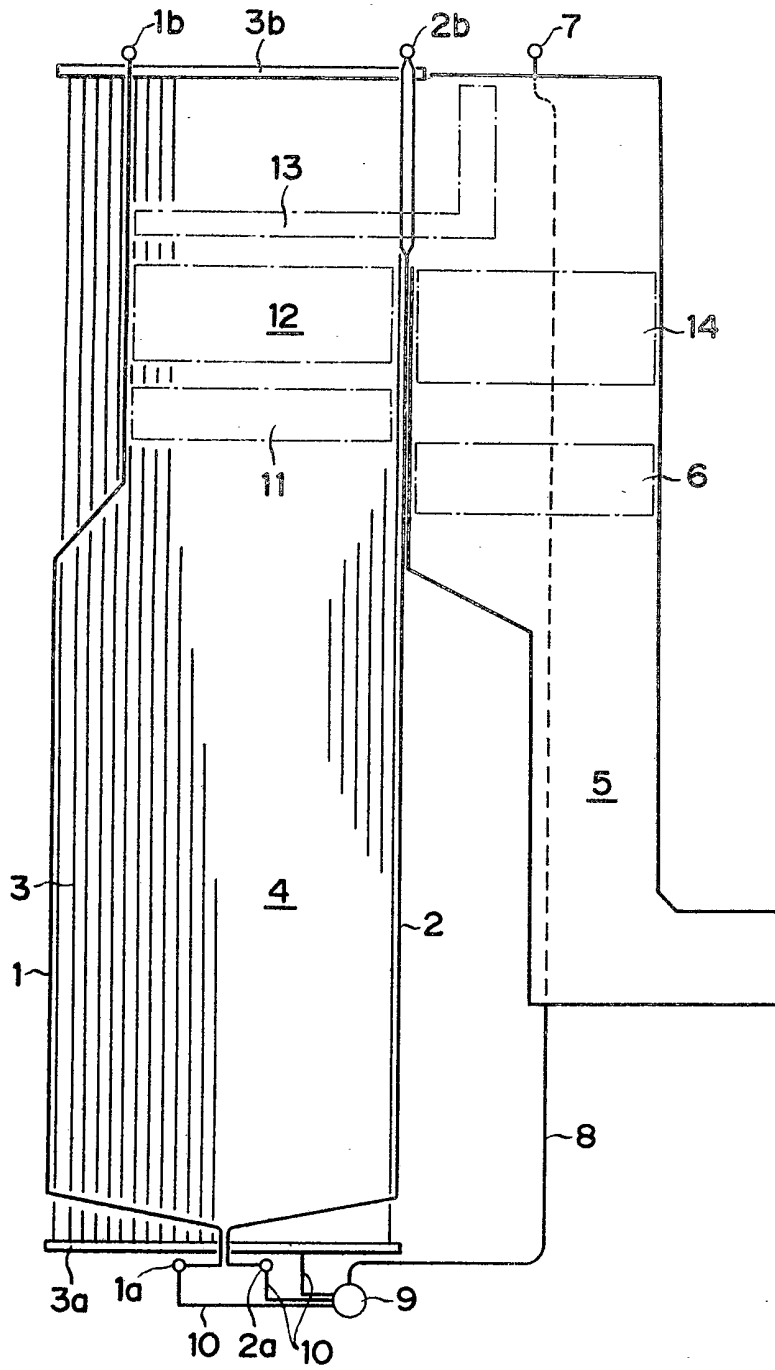


FIG. 4

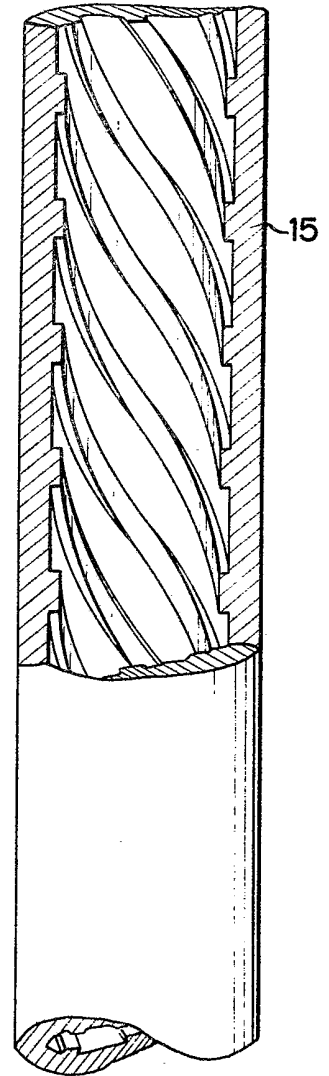


FIG. 5

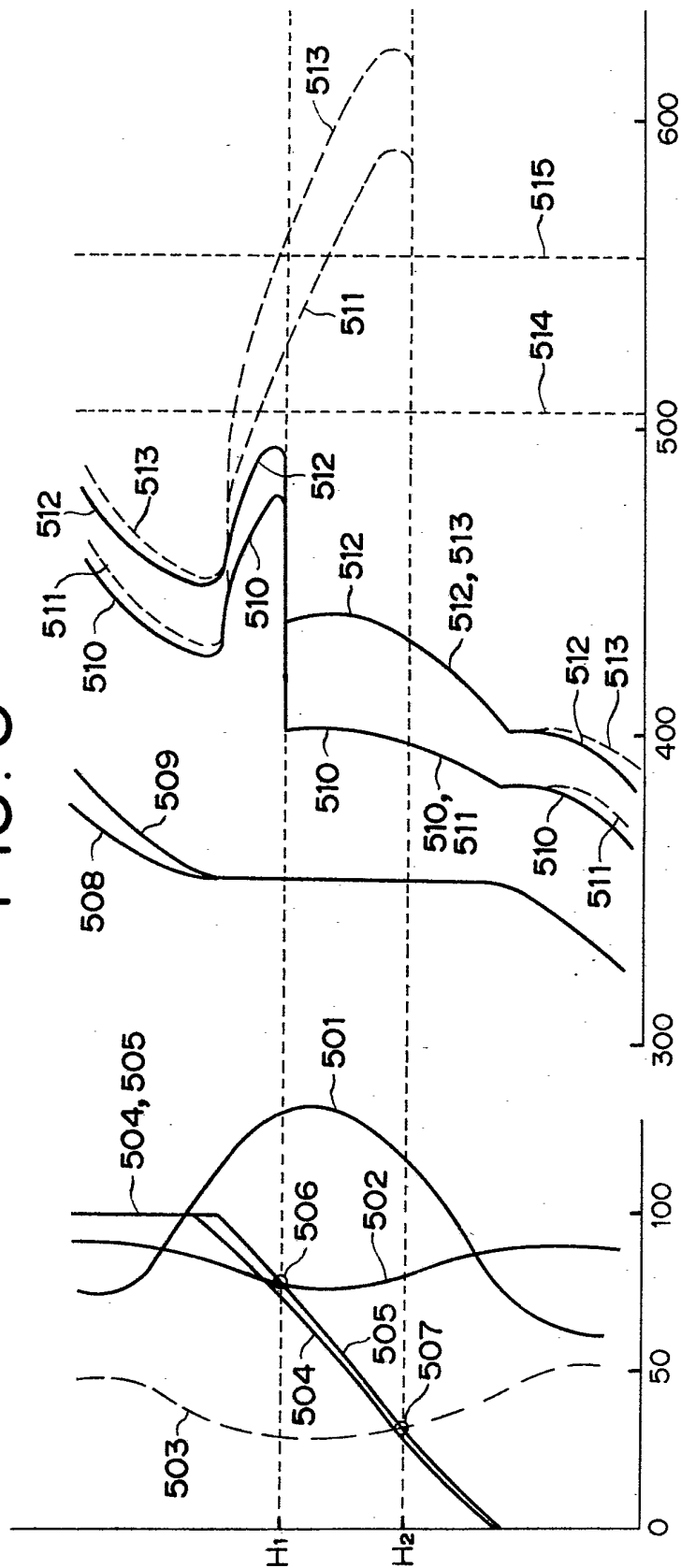


FIG. 6

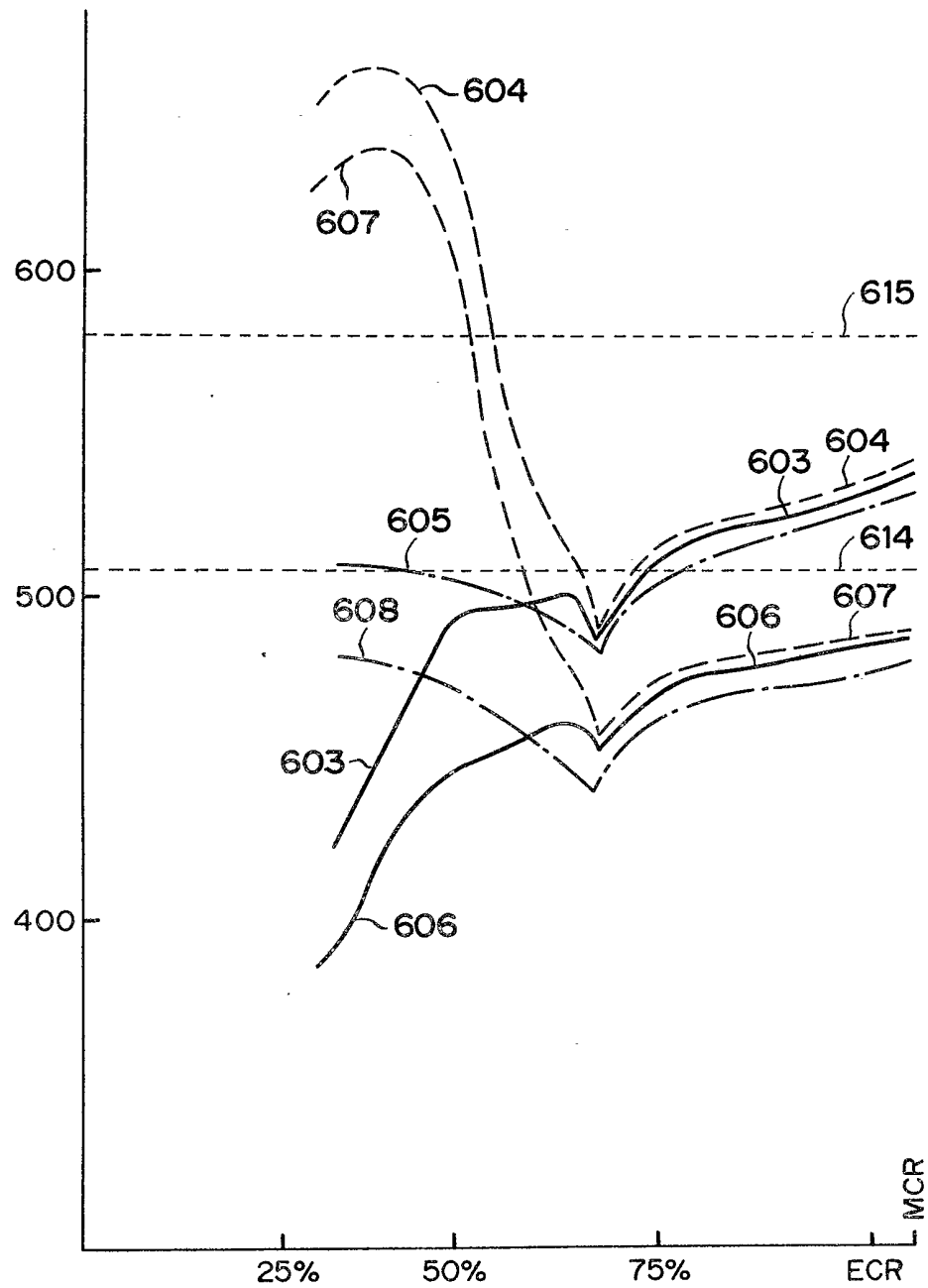


FIG. 7

The graph displays several curves representing different temperatures (200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, 550°C) plotted against a parameter ranging from 80 to 320. The curves are labeled with their respective temperatures. A vertical line is drawn at approximately 110 on the x-axis, with labels 17% ECR and 30% ECR pointing to it. Another vertical line is drawn at approximately 175 on the x-axis, labeled 50% ECR. A third vertical line is drawn at approximately 265 on the x-axis, labeled 75% ECR. A fourth vertical line is drawn at approximately 285 on the x-axis, labeled 100% ECR. A fifth vertical line is drawn at approximately 295 on the x-axis, labeled MCR. The curves generally show a peak or a change in slope around these ECR values.