

⑤ Int C⁸: F 27 B 9/39 (2006.01), F 27 B 9/36

A1

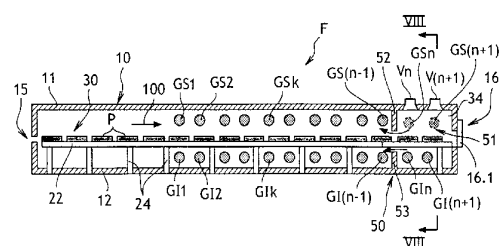
71 Demandeur(s) : CMI THERMLINE SERVICES Société par actions simplifiée — FR.

(74) Mandataire(s) : CABINET BOETTCHER.

(54) FOUR DE RECHAUFFAGE A ZONE DE DEFOURNEMENT PERFECTIONNEE

57 L'invention concerne un four de réchauffage sidérurgique, comportant une enceinte équipée de brûleurs destinés à réchauffer les produits sidérurgiques circulant d'une extrémité à l'autre du four, ladite enceinte comprenant une zone aval, par référence au sens de progression des produits sidérurgiques dans le tunnel, qui est associée au défournement desdits produits et fermée par une porte de défournement.

Conformément à l'invention, la zone aval (34) de défournement est délimitée, côté amont, par au moins un obstacle géométrique (50) définissant un sas de défournement (51), ledit au moins un obstacle géométrique étant agencé pour réaliser une séparation des écoulements et des transferts thermiques, de façon que les produits sidérurgiques présents dans ledit sas de défournement soient homogénéisés thermiquement.



L'invention concerne les fours de réchauffage sidérurgiques continus.

ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION

Les fours de réchauffage sidérurgiques permettent de
5 réchauffer à une température adéquate des semi-produits en acier, tels que des brames, billettes, blooms, beam-blanks, lingots, afin de préparer ces produits à des opérations de laminage, forgeage, extrusion, ou plus généralement à toute autre opération de formage à chaud.

10 On a déjà proposé de nombreux types d'agencements pour les brûleurs équipant les fours de réchauffage. On a ainsi proposé des brûleurs dit frontaux, qui sont agencés en avant de niches pour des brûleurs de niveau inférieur, ou en avant de nez de voûte pour des brûleurs de niveau
15 supérieur. Les brûleurs frontaux forment alors une rangée d'une pluralité de brûleurs disposés à une même abscisse de la longueur du four. L'avantage de tels agencements est de mettre en oeuvre un apport de chaleur sensiblement homogène, mais avec l'inconvénient d'une grande rigidité.
20 En effet, avec les rangées de brûleurs agencés en nez de voûte, les flammes chauffent plusieurs produits sidérurgiques à la fois, sur toute la largeur du four lors de la progression de ceux-ci, de sorte qu'il est pratiquement impossible d'avoir des consignes différentes d'un produit
25 à l'autre, interdisant donc toute flexibilité dans le mode d'utilisation du four de réchauffage. En outre, la longueur axiale des nez de voûte ou des niches inférieures correspond à une longueur qui est perdue pour la chauffe, ce qui diminue de facto la puissance de chauffage susceptible d'être mise en oeuvre pour une longueur
30 donnée. Enfin, la structure de tels fours est relativement onéreuse, surtout pour des fours de grande longueur, avec en outre le risque d'une certaine fragilité de certaines parties du four, en particulier dans la zone adja-

cente à des nez de voûte, laquelle fragilité peut induire un risque de cassure.

On a également proposé d'utiliser des brûleurs dits de voûte, qui sont également disposés en rangées transversales en étant intégrés à la voûte du four. L'avantage par rapport à l'agencement à brûleurs frontaux, est que l'on chauffe la zone directement sous-jacente à la voûte, de sorte que les produits sidérurgiques sont chauffés par rayonnement, sans impact direct des flammes sur les produits. Ceci permet d'améliorer l'homogénéité du chauffage, et d'obtenir un fonctionnement d'autant plus satisfaisant que le four de réchauffage est fortement rempli de produits sidérurgiques à réchauffer. Cependant, les brûleurs de voûte présentent plusieurs inconvénients, dont le premier est l'émission de polluants NOx résultant des flammes très chaudes émises par les brûleurs de voûte. Comme les brûleurs de voûte émettent une flamme essentiellement tournante autour de l'axe du brûleur, les vitesses de flammes restent en général faibles, de sorte que l'on ne peut éviter un certain confinement des NOx dans la zone haute du four de réchauffage. En outre, l'utilisation de brûleurs de voûte s'effectue généralement avec une alimentation commune de tous les brûleurs d'une même rangée ou d'un même groupe de rangées adjacentes, de sorte qu'il est exclu de découpler les brûleurs de voûte. Cette absence de flexibilité est tout particulièrement défavorable lorsque des produits de longueur transversale notablement inférieure à la largeur du four sont introduits dans le four de réchauffage. En effet, les produits sidérurgiques de petites dimensions sont en général disposés au niveau du plan vertical médian du four de réchauffage, de sorte que les zones latérales adjacentes aux parois latérales du four constituent des espaces sans produits à chauffer, et par suite créent au

niveau de ces espaces des zones de surchauffe qui peuvent s'avérer dangereuses, en particulier si la température au niveau de ces zones latérales atteint des températures voisines de 1600°C, car on se heurte alors à un risque de vitrification irréversible du matériau réfractaire constituant l'enceinte du four. Enfin, les brûleurs de voûte d'une même rangée induisent un champ thermique qui est essentiellement distribué dans un plan vertical, de sorte qu'il est exclu de pouvoir chauffer simultanément plusieurs produits sidérurgiques.

Les inconvénients précités des brûleurs frontaux et des brûleurs de voûte ont amené les concepteurs de fours de réchauffage à se tourner vers l'utilisation de brûleurs latéraux intégrés aux parois latérales du four. En effet, l'avantage direct des brûleurs latéraux est de pouvoir aligner les flammes sur les produits, de sorte qu'il est théoriquement possible de traiter thermiquement chaque produit avec la flamme située à la même abscisse à un instant donné. Les brûleurs latéraux posent cependant des problèmes d'hétérogénéité de chauffage, en particulier dans la zone aval du four de réchauffage qui est associée au défournement des produits sidérurgiques.

Ces inconvénients importants de l'utilisation de brûleurs latéraux dans un four de réchauffage seront mieux compris à l'aide de la description qui va suivre de deux fours de type traditionnel, en référence aux figures 1 et 2 pour un four à longerons tubulaires, et aux figures 3 et 4 pour un four à longerons réfractaires.

Les figures 1 et 2 illustrent un four F à longerons tubulaires, de conception traditionnelle, qui permet de mettre en oeuvre un chauffage des produits sidérurgiques circulant dans ledit four en concernant à la fois les faces supérieure et inférieure de chacun des produits convoyés.

Le four F comporte une enceinte 10 calorifugée dont les parois supérieure et inférieure sont notées 11 et 12, et les parois gauche et droite, par référence au sens de progression des produits sidérurgiques notés P dans le tunnel (sens indiqué par la flèche 100), sont notées 13 et 14.

La figure 1 qui est une coupe selon I-I de la figure 2, illustre divers équipements associés au convoyage des produits sidérurgiques dans le tunnel, ainsi que d'autres équipements extérieurs associés à l'évacuation des fumées et au contrôle du process, tandis que la figure 2, qui est une coupe selon II-II de la figure 1, permet de mieux distinguer l'agencement des brûleurs latéraux, ici prévus tant au niveau supérieur qu'inférieur par référence au niveau de convoyage des produits sidérurgiques P.

L'enceinte 10 comporte une zone amont d'enfournement 15 et une zone aval de défournement 16, qui sont équipées de portes non représentées ici. Un système d'enfournement 17 amène les produits P à réchauffer dans la zone d'enfournement 15, et un système de défournement 18 évacue les produits P réchauffés au niveau de la zone de défournement 16.

Le four de réchauffage est équipé de moyens de convoyage notés 20 qui permettent de faire progresser les produits sidérurgiques P à l'intérieur du tunnel de l'amont vers l'aval dudit tunnel, lesdits produits sidérurgiques étant soumis à l'action des brûleurs latéraux pour subir le réchauffage progressif désiré à l'intérieur de leur masse. Ainsi que cela est mieux visible sur la figure 2, les produits sidérurgiques P sont supportés par des longerons mobiles 21 et des longerons fixes 22 agencés en alternance dans la direction longitudinale du four. Les longerons mobiles 21 ont des quilles 23 qui traversent la paroi inférieure 12 du four et sont fixées

sur une semelle 25 reposant sur un châssis 26. Les longerons fixes 22 ont quant à eux des quilles 24 qui sont ancrées dans la paroi inférieure 12 de l'enceinte du four. Ainsi que cela est mieux visible sur la figure 1, le

5 châssis 26 est équipé d'une pluralité de galets 27, 28, respectivement intercalés entre le châssis 26 et la semelle 25, et entre le châssis 26 et des appuis 29 à plan incliné 29.1 Les galets supérieurs 27 sont entraînés par des moyens non représentés ici. Lorsque le châssis 26 est

10 poussé au moyen de vérins non représentés ici au niveau de son extrémité amont (comme schématisé par la flèche), les galets inférieurs 28 roulent sur les plans inclinés 29.1 des appuis 29, ce qui induit un soulèvement de la semelle 25 et des longerons mobiles 21, et par suite un

15 soulèvement des produits sidérurgiques P qui reposent alors uniquement sur lesdits longerons mobiles 21 en étant dégagés des longerons fixes 22. Les galets 27 sont alors entraînés et peuvent alors procéder à un décalage d'un pas dans la direction longitudinale du four de

20 l'ensemble mobile ainsi soulevé et donc des produits sidérurgiques supportés par celui-ci, après quoi les galets 27 sont stoppés et le châssis est débloqué, de façon que les galets 28 redescendent sur les plans inclinés 29.1 des appuis 29, pour une nouvelle position axiale de

25 l'ensemble des produits sidérurgiques. Un tel processus de convoyage en pas à pas, selon un cycle carré ou rectangulaire, est bien connu dans le domaine des fours sidérurgiques.

Pour ce qui est des équipements extérieurs du four

30 de réchauffage, on a illustré ici une cheminée amont 31 servant à l'évacuation des fumées, et dont la sortie est reliée à un réseau 32 d'évacuation des fumées issues de la combustion, ces fumées étant ici évacuées vers des moyens de récupération d'énergie, avec par exemple un

échangeur de chaleur 33 transmettant l'énergie des fumées, ensuite évacuées par une cheminée 34, à l'air de combustion amené par un ventilateur 35 à travers l'échangeur de chaleur 33. Le contrôle du process est assuré à partir d'un centre de contrôle 38 qui est relié notamment par une ligne 37 à différents thermo-couples 36 intégrés à la voûte de l'enceinte du four, qui servent à surveiller la température à différentes abscisses du four afin de se conformer à une courbe de chauffage qui est prédéterminée en fonctions des produits sidérurgiques concernés.

Les brûleurs latéraux équipant le four F permettent de réchauffer à la fois la face supérieure et la face inférieure des produits sidérurgiques P passant au niveau des flammes desdits brûleurs. Pour une meilleure identification des différents brûleurs latéraux équipant le four, on utilisera une notation à deux lettres suivies d'un chiffre, la première lettre étant G pour un brûleur associé à la paroi latérale gauche ou D pour un brûleur associé à la paroi latérale droite, et la deuxième lettre étant S pour un brûleur latéral associé au niveau supérieur ou I pour un brûleur latéral associé au niveau inférieur, le chiffre correspondant quant à lui à l'index 1, 2, ... k, ... n de la rangée de brûleurs sensiblement disposée dans un plan vertical commun, de l'amont vers l'aval du four. En l'espèce, on a représenté sept rangées de brûleurs inférieurs et supérieurs, mais il ne s'agit naturellement que d'un exemple, dans la mesure où l'on pourra prévoir un nombre différents de brûleurs, ou encore prévoir deux ou trois brûleurs par pas de quilles dans certaines zones du four. Avec cette notation, la coupe de la figure 2 permet ainsi de distinguer quatre brûleurs latéraux, avec, du côté gauche, les brûleurs GS2 et GI2 respectivement supérieur et inférieur, et, du côté

droit, les brûleurs DS2 et DI2, respectivement supérieur et inférieur.

Sur les figures 3 et 4, on a illustré un four F' à longerons réfractaires dont la conception, également traditionnelle, comporte de nombreux points communs avec celle du four à longerons tubulaires qui vient d'être décrite. La principale différence par rapport au four F précédent réside dans les moyens de support et de convoyage des produits sidérurgiques P qui progressent à l'intérieur du tunnel.

Les produits sidérurgiques P reposent maintenant sur des soles mobiles 21' et des soles fixes 22'.1 et 22'.2. On distingue ici deux soles fixes 22'.1 dans la zone médiane du four, et deux soles fixes latérales 22'.2. Les soles mobiles 21', ici au nombre de trois, sont montées sur une semelle 25 analogue à celle du four précédent, qui est susceptible de mouvements à la fois dans une direction horizontale et dans une direction verticale. On retrouve donc le même mode de progression pas à pas des produits sidérurgiques à l'intérieur du tunnel, avec des cycles carrés ou rectangulaires correspondant à des levées et des redescentes des soles mobiles 21'.

A la différence du four F à longerons tubulaires des figures 1 et 2, le four F' à longerons réfractaires des figures 3 et 4 ne réalise le chauffage des produits réfractaires P qui circulent à l'intérieur du four que dans la zone supérieure de ceux-ci, de sorte que seule la face supérieure des produits est réchauffée. Par suite, on ne trouve pas de brûleurs latéraux inférieurs GIk ou DIk comme pour le four précédent, mais seulement des brûleurs latéraux supérieurs GSk et DSk. Sur la figure 4, qui est une coupe selon IV-IV de la figure 3, ladite figure 3 étant une coupe selon III-III de la figure 4, on distingue ainsi deux brûleurs latéraux GS2 et DS2, respective-

ment associés à la paroi latérale gauche 13 et la paroi latérale droite 14 de l'enceinte du four. Comme pour le four à longerons tubulaires précédemment décrit, on trouve une zone amont exempte de brûleurs latéraux, laquelle zone 30 est dite zone de récupération.

Ainsi que cela a été dit plus haut, les brûleurs latéraux posent des problèmes importants d'hétérogénéité de chauffage, en particulier en zone de défournement.

Si l'on se reporte à la figure 5 qui est une coupe longitudinale du four par un plan horizontal, cet inconvénient est illustré par les flèches qui symbolisent les chemins préférentiels des fumées dans l'axe du four. Il va de soi que la vue de la figure 5 s'applique aussi bien à un four à longerons tubulaires équipés de brûleurs latéraux supérieurs et inférieurs, qu'à un four à longerons réfractaires équipés seulement de brûleurs latéraux supérieurs.

La vue de la figure 5 permet ainsi de bien comprendre que les fumées sont regroupées sensiblement dans le plan vertical médian du four, ce qui résulte de la disposition sensiblement face à face des brûleurs homologues d'une même rangée, en se déplaçant dans une direction qui est opposée à la direction 100 de progression des produits sidérurgiques P dans le four. Or, dans la zone aval 34 qui est associée au défournement des produits sidérurgiques, les derniers brûleurs GSn, GIn, et DSn, DIn, en général de plus faible puissance, sont perturbés par les brûleurs qui sont directement en amont, en particulier au niveau des angles de la zone 34. Ces perturbations induisent une hétérogénéité de chauffage constituant un inconvénient important qu'il est difficile de surmonter. On notera également que, dans la zone de récupération 30 qui est exempte de brûleurs, il existe deux zones latérales 31, 32 qui sont des zones mortes correspondant à des tem-

pératures plus froides, et une zone centrale 33 qui est quant à elle plus chaude. Par suite, ces chemins préférentiels des fumées induisent une surchauffe des produits sidérurgiques dans la zone du plan médian du four par rapport aux côtés dudit four, les zones d'extrémité des produits étant quant à elles refroidies lors de leur passage dans les zones mortes de vortex 31, 32.

OBJET DE L'INVENTION

L'invention a pour objet de concevoir un four de réchauffage à zone de défournement perfectionnée, améliorant l'homogénéité du chauffage des produits sidérurgiques dans la zone aval dudit four.

L'invention a également pour objet de concevoir un four de réchauffage dont l'agencement de la zone de défournement permet de mieux gérer les arrêts et reprises de production sur le plan thermique.

DEFINITION GENERALE DE L'INVENTION

Le problème technique précité est résolu conformément à l'invention grâce à un four de réchauffage sidérurgique comportant une enceinte équipée de brûleurs destinés à réchauffer les produits sidérurgiques circulant d'une extrémité à l'autre du four, ladite enceinte comprenant une zone aval, par référence au sens de progression des produits sidérurgiques dans le tunnel, qui est associée au défournement des produits sidérurgiques et fermée par une porte de défournement, caractérisé en ce que la zone aval de défournement est délimitée, côté amont, par au moins un obstacle géométrique définissant un sas de défournement, ledit au moins un obstacle géométrique étant agencé pour réaliser une séparation des écoulements et des transferts thermiques, de façon que les produits sidérurgiques présents dans ledit sas de défournement soient homogénéisés thermiquement.

Il convient de noter qu'un tel obstacle géométrique n'a rien à voir avec les murs équipant certains fours traditionnels pour réaliser un compartimentage des zones de chauffe. Dans le cadre de l'invention, on crée une zone d'aide au défournement, et la longueur du sas de défournement n'est en particulier aucunement liée aux cycles de chauffe.

De préférence, ledit au moins un obstacle géométrique est dimensionné pour à la fois empêcher les fumées des brûleurs qui sont en amont de venir perturber le sas de défournement et créer un différentiel de pression.

Dans le cas d'un four de réchauffage du type à longerons tubulaires et équipé de brûleurs latéraux supérieurs et inférieurs par référence au niveau de circulation des produits sidérurgiques dans le four, il sera avantageusement prévu que ledit au moins un obstacle géométrique comporte une paroi supérieure et une paroi inférieure essentiellement verticales, entre lesquelles passent les produits sidérurgiques pour pénétrer dans le sas de défournement, avec un intervalle choisi en rapport avec le différentiel de pression désiré. En particulier, la paroi inférieure est agencée sous la forme de murets en briques réfractaires disposés entre les longerons tubulaires.

Dans le cas d'un four de réchauffage du type à longerons réfractaires et équipé de brûleurs latéraux supérieurs par référence au niveau de circulation des produits sidérurgiques dans le four, il sera avantageusement prévu que ledit au moins un obstacle géométrique comporte une paroi supérieure sous laquelle passent les produits sidérurgiques pour pénétrer dans le sas de défournement, avec un intervalle choisi en rapport avec le différentiel de pression désiré.

De préférence, dans l'un et l'autre cas, la paroi supérieure est refroidie fluidiquement.

Avantageusement alors, la paroi supérieure est constituée par un cadre creux dans lequel circule un fluide
5 de refroidissement, et dont l'espace central est occupé par des panneaux fibreux.

De préférence encore, le sas de défournement est équipé de brûleurs à faible demande calorifique servant à homogénéiser la température dans les produits sidérurgiques qui sont présents dans ledit sas de défournement.
10

Avantageusement alors, les brûleurs du sas de défournement qui sont les plus proches de la porte de défournement restent allumés en continu pour assurer l'étanchéité du sas de défournement lors des ouvertures
15 de ladite porte, et maintenir une légère surpression à l'intérieur dudit sas de défournement. En particulier, le sas de défournement est équipé de brûleurs de voûte préférentiellement pilotés en mode proportionnel, et de brûleurs latéraux préférentiellement pilotés en mode impul-
20 sionnel.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre, en référence aux figures 6 à 8 des dessins annexés.

25 BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

- la figure 1 est une coupe longitudinale d'un four de réchauffage à longerons tubulaires de type traditionnel, et la figure 2 est une coupe transversale selon la ligne II-II de la figure 1 de ce four à longerons tubu-
30 laires ;

- la figure 3 est une coupe longitudinale d'un four à longerons réfractaires de type traditionnel, et la figure 4 est une coupe transversale selon la ligne IV-IV de la figure 3 de ce four à longerons réfractaires ;

- la figure 5 est une vue de dessus en coupe longitudinale illustrant les trajets préférentiels des fumées avec un four de réchauffage traditionnel conçu selon les figures 1 et 2 ou 3 et 4 ;

5 - la figure 6 comporte deux coupes analogues à celle de la figure 5, illustrant l'agencement, conformément à l'invention, d'un sas de défournement en zone aval du four, avec l'indication des trajets préférentiels des fumées pour ladite zone aval, et aussi pour la zone amont
10 de récupération dans laquelle on a prévu un pilotage des brûleurs latéraux avec un allumage alterné gauche/droite ;

- la figure 7 est une vue allégée en coupe longitudinale d'un four à longerons tubulaires agencé conformément à l'invention, avec un sas de défournement constitué
15 ici d'une paroi supérieure et d'une paroi inférieure, et avec en outre des brûleurs de voûte et des brûleurs latéraux ; et

- la figure 8 est une coupe transversale selon la
20 ligne VIII-VIII de la figure 7, à plus grande échelle, permettant de mieux distinguer l'agencement des parois délimitant le sas de défournement du côté amont dudit sas.

25 DESCRIPTION DETAILLEE DES MODES DE REALISATION PREFERES DE L'INVENTION

La figure 6 permet de comprendre le résultat obtenu par l'agencement d'un sas de défournement conforme à l'invention, en remédiant notamment à la perturbation de la dernière rangée de brûleurs latéraux par les brûleurs
30 latéraux directement en amont de ceux-ci avec une déviation des flammes illustrée sur la figure 5 précédemment décrite. On a en effet prévu un obstacle géométrique ici réalisé sous la forme d'un muret 50, qui peut être simple ou double selon le type de four, le muret n'étant que su-

périeur pour un four à longerons réfractaires, ou étant supérieur et inférieur pour un four à longerons tubulaires. Ce muret 50, simple ou double, crée un sas 51 de défournement qui favorise l'écoulement des fumées pour la
5 dernière rangée aval de brûleurs latéraux GSn, GIn, DSn, DIn, en évitant la perturbation occasionnée par les brûleurs latéraux qui sont directement en amont.

Sur la figure 6, on a également illustré une autre modalité particulière, avec un pilotage alterné des brû-
10 leurs de la première rangée amont de brûleurs latéraux, avec à gauche les brûleurs GS1 et GI1, ou le seul brûleur GS1 selon le type de four, et à droite les brûleurs DS1 et DI1, ou le seul brûleur DS1 selon le type de four.

En a), l'allumage ne concerne que le ou les brûleurs
15 de gauche et en b), l'allumage ne concerne que le ou les brûleurs de droite.

Dans la zone de récupération 30, on constate alors qu'une zone morte 31 se forme lors de l'allumage gauche, mais que cette zone est tout de suite balayée et brassée
20 lors de l'alternance illustrée en b), où une zone morte 32 est alors créée. L'alternance droite/gauche permet ainsi d'alterner continûment la génération de vortex dans la zone 31 ou la zone 32, lesquelles zones ne sont donc jamais refroidies à l'excès du fait de ce brassage conti-
25 nu. De plus, on évite la formation d'une zone préférentielle calée sur le plan vertical médian (zone 33 pour le pilotage traditionnel illustré en figure 5), de sorte que l'on évite la surchauffe localisée de la partie centrale des produits sidérurgiques circulant dans le four.

30 Sur la figure 7, on a illustré schématiquement un four F à longerons tubulaires du type de celui illustré aux figures 1 et 2, sans ses moyens de convoyage, mais avec plus de brûleurs latéraux (deux brûleurs inférieurs tels que GI1, GI2 par pas de quille au lieu d'un, et au-

tant de brûleurs supérieurs tels que GS1, GS2), et avec sa porte de défournement 16.1.

Conformément à une caractéristique de l'invention, la zone aval 34 de défournement est délimitée, côté
5 amont, par au moins un obstacle géométrique 50 définissant un sas de défournement, ledit au moins un obstacle géométrique étant agencé pour réaliser une séparation des écoulements et des transferts thermiques, de façon que les produits sidérurgiques P présents dans ledit sas de
10 défournement soient homogénéisés thermiquement.

Les obstacles géométriques qui matérialisent cette séparation physique peuvent être réalisés de plusieurs façons, par exemple sous la forme de murets, de nez de voûte, de cloisons refroidies ou non, etc...

On optera de préférence pour un dimensionnement de ces obstacles géométriques permettant à la fois d'empêcher les fumées des brûleurs qui sont en amont, c'est-à-dire à tout le moins les brûleurs latéraux de la rangée n-1, notés ici GS(n-1), GI(n-1) et leurs symétri-
20 ques DS(n-1), DI(n-1), et éventuellement aussi ceux de la rangée n-2, de venir perturber le sas de défournement 51, et de créer un différentiel de pression. Ceci donne les trajets préférentiels des fumées en zone aval du four qui ont été illustrés sur la figure 6.

Le four F de la figure 7 est à longerons tubulaires, et il est équipé de brûleurs latéraux supérieurs et inférieurs par référence au niveau de circulation des produits sidérurgiques dans le four. Dans ce cas, on a prévu que ledit au moins un obstacle géométrique 50 comporte
30 une paroi supérieure 52 et une paroi inférieure 53 essentiellement verticales, entre lesquelles passent les produits sidérurgiques P pour pénétrer dans le sas de défournement 51.

Dans le cas d'un four F' à longerons réfractaires du type de celui illustré aux figures 3 et 4, donc seulement équipé de brûleurs latéraux supérieurs GSk, DSk, ledit au moins un obstacle géométrique 50 comporterait seulement
5 une paroi supérieure 52 (variante non illustrée ici), avec la même fonction et en vue du même résultat, les parois du four qui sont en dessous du niveau de circulation des produits sidérurgiques dans le four étant en effet exemptes de brûleurs latéraux inférieurs du fait de la
10 présence des soles fixes et des soles mobiles.

La coupe de la figure 8 illustre un mode d'exécution particulier pour un four F à longerons tubulaires 22 avec ses quilles 24.

La paroi inférieure 53 est agencée sous la forme de
15 murets en briques réfractaires 53.1 disposés entre les longerons tubulaires 22 centraux, en particulier entre les quilles desdits longerons, et entre les longerons tubulaires 22 latéraux et les parois latérales 13, 14 de l'enceinte 10 du four F. Des espaces 56, 57, 58 sont ménagés pour permettre l'écoulement des fumées du sas de
20 défournement, avec un dimensionnement qui est en rapport avec le différentiel de pression désiré.

La paroi supérieure 52 sous laquelle passent les produits sidérurgiques P pour pénétrer dans le sas de défournement 51, définit une fente de passage 54 de hauteur
25 (d), avec un intervalle choisi en rapport avec le différentiel de pression désiré, tout comme les fentes latérales 55 qui sont adjacentes aux parois latérales 13, 14 du four.

30 En l'espèce, la paroi supérieure 52 est refroidie fluidiquement. On a illustré sur la figure 8 une telle paroi, constituée par un cadre creux 60, de forme rectangulaire, formé de profilés 62, 61, 62 dans lesquels circule un fluide de refroidissement (comme schématisé par

les flèches 101, 102), et dont l'espace central est occupé par des panneaux fibreux 63, par exemple en fibres céramiques, ici imbriqués deux à deux par des formes complémentaires en 63.1. Un tel mode d'exécution est préférable à une paroi en briques qui serait beaucoup plus lourde et risquerait de se fracturer et de tomber du fait des chocs thermiques encaissés.

Le différentiel de pression ainsi créé favorise un écoulement régulier et non perturbé des fumées présentes dans le sas de défournement 51 vers l'amont, en particulier des fumées générées par les brûleurs qui équipent ledit sas de défournement.

Le sas de défournement 51 est en effet avantageusement équipé de brûleurs, lesquels brûleurs sont alors à faible demande calorifique (on ne fait en effet que compenser les pertes thermiques), servant à homogénéiser la température dans les produits sidérurgiques qui sont présents dans ledit sas de défournement.

On a ici prévu deux rangées de tels brûleurs, indicées (n) et (n+1). Pour la rangée n, on a, pour la zone supérieure, des brûleurs de voûte V_n (par exemple trois à huit brûleurs selon la largeur du four), et éventuellement aussi des brûleurs latéraux GS_n , DS_n (notés en pointillés), et, pour la zone inférieure, des brûleurs latéraux GI_n , DI_n .

Les brûleurs de voûte sont intéressants ici car ils favorisent l'homogénéisation de la température des produits sidérurgiques présents dans le sas de défournement 51. Comme un faible débit constant suffit, ces brûleurs de voûte seront de préférence pilotés en mode proportionnel.

La présence de brûleurs latéraux est intéressante pour la zone inférieure (quand celle-ci existe, ce qui n'est pas le cas du four F' à longerons réfractaires). On

évitera alors pour ces brûleurs latéraux un pilotage en mode proportionnel, car les petites flammes générées peuvent être insuffisantes pour chauffer la partie médiane des produits sidérurgiques, et on préférera donc un pilotage en mode impulsif, c'est-à-dire en tout ou rien.

De préférence, les brûleurs du sas de défournement 51 qui sont les plus proches de la porte de défournement 16.1 (ici ceux de la rangée n+1) resteront allumés en continu pour assurer l'étanchéité du sas de défournement 51 lors des ouvertures de la porte 16.1, et maintenir une légère surpression à l'intérieur dudit sas de défournement qui favorise le bon écoulement des fumées vers l'amont.

Outre l'homogénéisation thermique des produits sidérurgiques présents dans le sas de défournement 51, l'agencement dudit sas de défournement qui vient d'être décrit permet de gérer plus efficacement les arrêts et reprises de production. Lors d'un arrêt, la température du sas est maintenue à la température de défournement visée des produits. Ce maintien est préférentiellement assuré par les brûleurs de la zone supérieure. Les zones qui sont en amont du sas peuvent être quant à elles désindexées en température, c'est-à-dire que la température de consigne est fortement abaissée. Ceci permet de limiter la production de calamine, et aussi de diminuer la consommation d'énergie et les émissions polluantes. A la reprise de la production, les produits situés dans le sas sont prêts pour le défournement. Les produits suivants, situés pendant l'arrêt dans les zones désindexées en température, auront suffisamment de temps de chauffe, et les puissances installées des brûleurs seront dimensionnées de façon suffisante pour assurer le réchauffage à la température de défournement visée sans ralentir la production.

On assure également une meilleure étanchéité du four lors des ouvertures de porte. Le fait que les brûleurs les plus proches de la porte de défournement restent allumés en continu à leur puissance nominale ou à une puissance inférieure lors de l'ouverture, lié à la séparation physique du sas d'avec le reste du four, permet de maintenir une légère surpression dans le sas. Le rapport air/gaz de tout ou partie des brûleurs du sas peut être différent du rapport air/gaz moyen du reste du four, afin de tenir compte des possibles entrées d'air parasites lors de l'ouverture de la porte qui pourraient malgré tout intervenir malgré la légère surpression du sas. Un rapport air/gaz inférieur au rapport air/gaz stoechiométrique permet en effet de brûler les possibles entrées d'air parasites qui pourraient perturber le taux d'oxygène dans le four, lequel taux d'oxygène reste donc toujours faible.

Enfin, le sas de défournement améliore l'uniformité de chauffage des produits. Une meilleure qualité de chauffage permet de défourner les produits à une température moyenne inférieure, ce qui diminue la consommation d'énergie du four et nécessite moins d'énergie au laminage. Le sas permet également d'augmenter la productivité du four en minimisant les temps de reprise de production après arrêt. D'autre part, les pertes au feu sont diminuées par la désindexation des zones du four qui sont en amont du sas et, comme l'étanchéité du four est améliorée, on peut mieux maîtriser le taux d'oxygène dans le four, ce qui diminue les émissions de NOx et la perte au feu.

On est ainsi parvenu à concevoir un four de réchauffage sidérurgique qui permet d'obtenir une excellente homogénéité du chauffage dans la zone aval du four, et aus-

si de mieux gérer les arrêts et reprises de production sur le plan thermique.

5 L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui viennent d'être décrits, mais englobe au contraire toute variante reprenant, avec des moyens équivalents, les caractéristiques essentielles énoncées plus haut.

REVENDICATIONS

1. Four de réchauffage sidérurgique, comportant une
enceinte équipée de brûleurs destinés à réchauffer les
5 produits sidérurgiques circulant d'une extrémité à
l'autre du four, ladite enceinte comprenant une zone
aval, par référence au sens de progression des produits
sidérurgiques dans le tunnel, qui est associée au défour-
nement des produits sidérurgiques et fermée par une porte
10 de défournement, caractérisé en ce que la zone aval (34)
de défournement est délimitée, côté amont, par au moins
un obstacle géométrique (50) définissant un sas de dé-
fournement (51), ledit au moins un obstacle géométrique
étant agencé pour réaliser une séparation des écoulements
15 et des transferts thermiques, de façon que les produits
sidérurgiques présents dans ledit sas de défournement
soient homogénéisés thermiquement.

2. Four de réchauffage sidérurgique selon la reven-
dication 1, caractérisé en ce que ledit au moins un obs-
20 tacle géométrique (50) est dimensionné pour à la fois em-
pêcher les fumées des brûleurs qui sont en amont de venir
perturber le sas de défournement (51) et créer un diffé-
rentiel de pression.

3. Four de réchauffage sidérurgique selon la reven-
25 dication 2, du type à longerons tubulaires et équipé de
brûleurs latéraux supérieurs et inférieurs par référence
au niveau de circulation des produits sidérurgiques, ca-
ractérisé en ce que ledit au moins un obstacle géométri-
que (50) comporte une paroi supérieure (52) et une paroi
30 inférieure (53) essentiellement verticales, entre les-
quelles passent les produits sidérurgiques pour pénétrer
dans le sas de défournement (51), avec un intervalle
choisi en rapport avec le différentiel de pression dési-
ré.

4. Four de réchauffage sidérurgique selon la revendication 3, caractérisé en ce que la paroi inférieure (53) est agencée sous la forme de murets en briques réfractaires (53.1) disposés entre les longerons tubulaires (22).

5. Four de réchauffage sidérurgique selon la revendication 2, du type à longerons réfractaires et équipé de brûleurs latéraux supérieurs par référence au niveau de circulation des produits sidérurgiques dans le four, caractérisé en ce que ledit au moins un obstacle géométrique (50) comporte une paroi supérieure (52) sous laquelle passent les produits sidérurgiques pour pénétrer dans le sas de défournement (51), avec un intervalle choisi en rapport avec le différentiel de pression désiré.

6. Four de réchauffage sidérurgique selon la revendication 3 ou la revendication 5, caractérisé en ce que la paroi supérieure (52) est refroidie fluidiquement.

7. Four de réchauffage sidérurgique selon la revendication 6, caractérisé en ce que la paroi supérieure (52) est constituée par un cadre creux (60) dans lequel circule un fluide de refroidissement, et dont l'espace central est occupé par des panneaux fibreux (63).

8. Four de réchauffage sidérurgique selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le sas de défournement (51) est équipé de brûleurs à faible demande calorifique servant à homogénéiser la température dans les produits sidérurgiques qui sont présents dans ledit sas de défournement.

9. Four de réchauffage sidérurgique selon la revendication 8, caractérisé en ce que les brûleurs du sas de défournement (51) qui sont les plus proches de la porte de défournement (16.1) restent allumés en continu pour assurer l'étanchéité du sas de défournement (51) lors des

ouvertures de ladite porte, et maintenir une légère surpression à l'intérieur dudit sas de défournement.

10. Four de réchauffage sidérurgique selon la revendication 9, caractérisé en ce que le sas de défournement
5 (51) est équipé de brûleurs de voûte (Vn) préférentiellement pilotés en mode proportionnel, et de brûleurs latéraux (GIn, GS_n, DIn, DS_n) préférentiellement pilotés en mode impulsionnel.

2/4

FIG.3

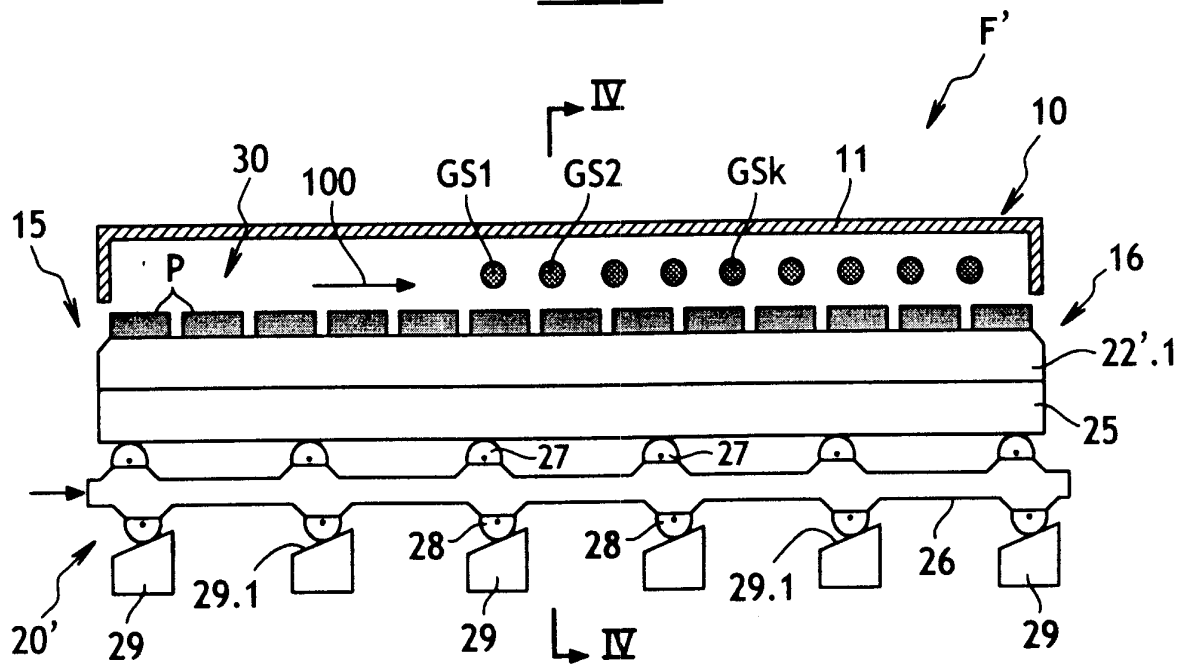
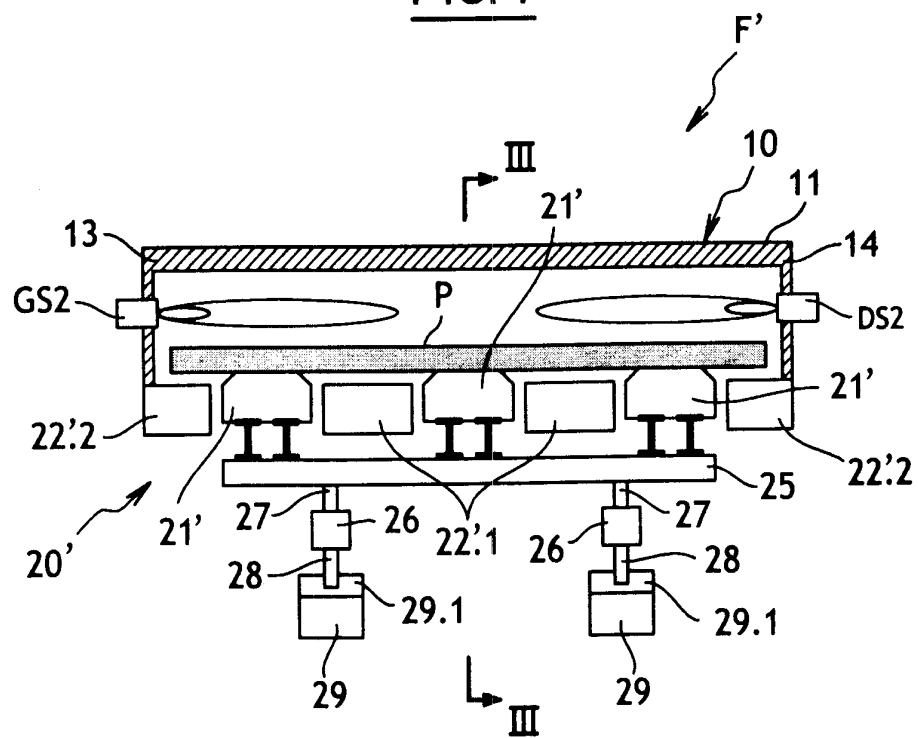
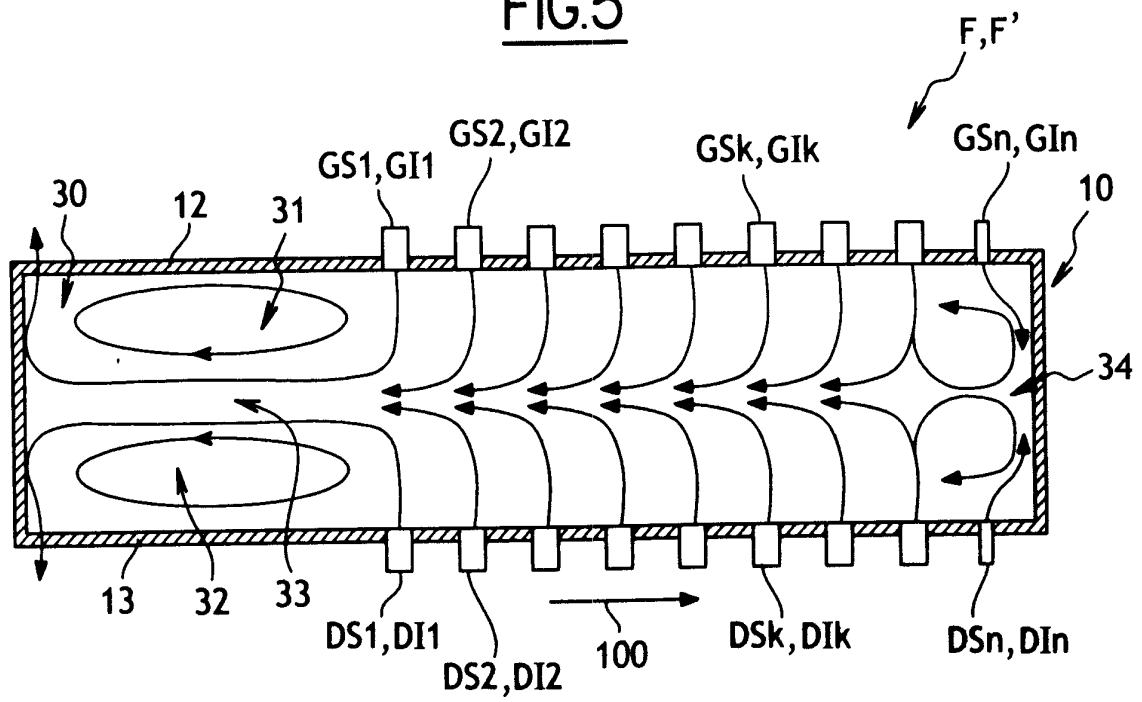
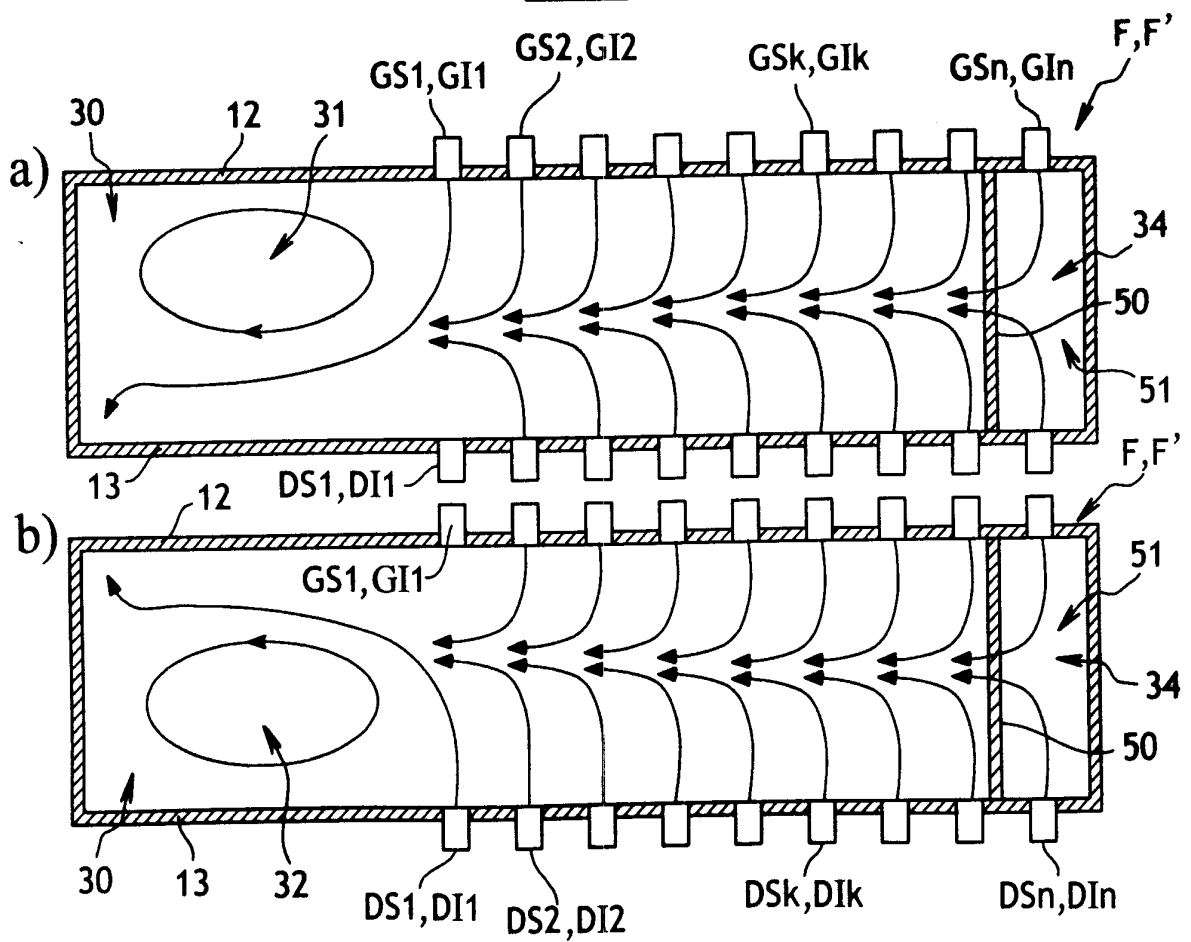


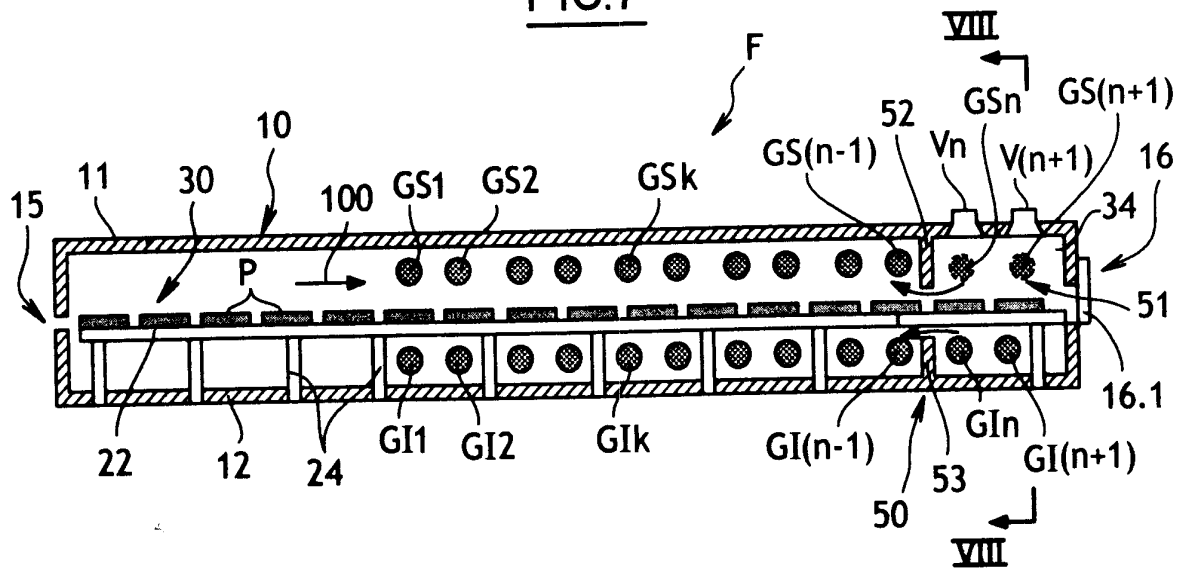
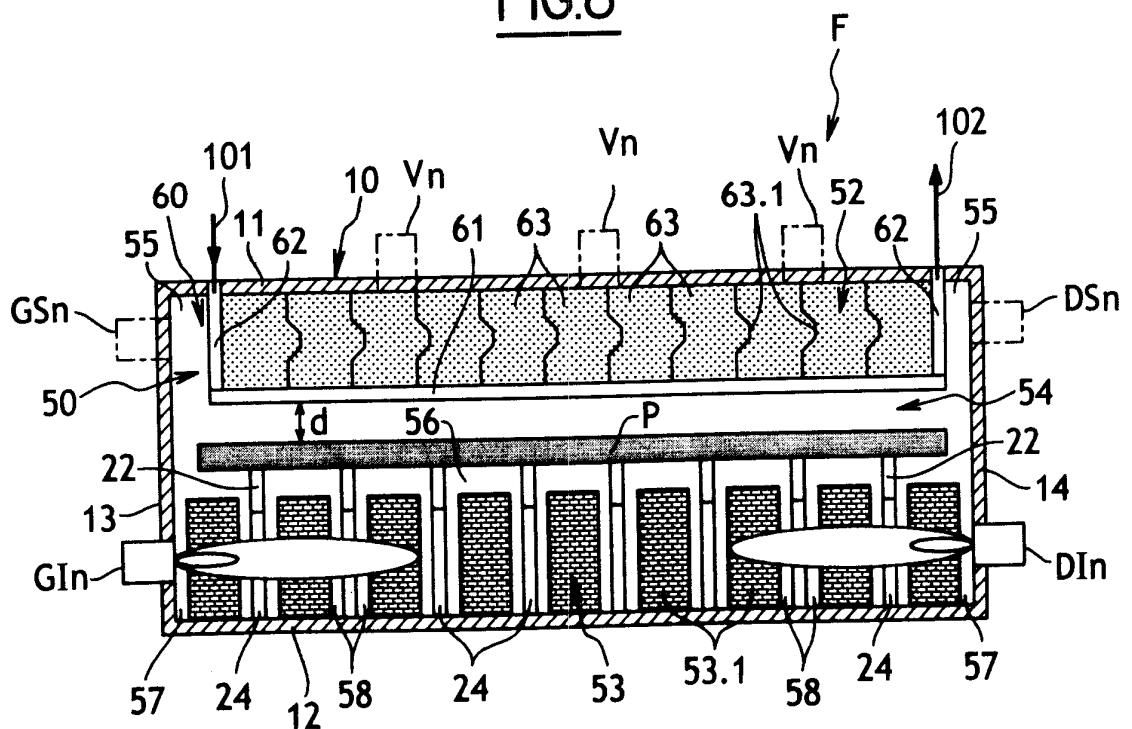
FIG.4



3 / 4

FIG.5FIG.6

4/4

FIG.7FIG.8



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 680401
FR 0604884

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	JP 09 145260 A (NIPPON STEEL CHEMICAL CO; NIPPON STEEL CORP) 6 juin 1997 (1997-06-06) * abrégé; figures 1-4 * * alinéa [0009] - alinéa [0011] *	1-10	
Y	AT 387 652 B (VOEST ALPINE AG [AT]; VOEST ALPINE AG [00]) 27 février 1989 (1989-02-27) * page 3 - page 4; revendications 1-7; figure 1 *	1-10	
A	JP 04 187989 A (KAWASAKI STEEL CO; KAWASAKI REFRACTORIES CO LTD) 6 juillet 1992 (1992-07-06) * abrégé; figures 1-3 *	1-10	
A	JP 2002 310562 A (NORITAKE CO LTD) 23 octobre 2002 (2002-10-23) * abrégé; figures 1-3 *	1-10	
A	US 4 741 695 A (USHIJIMA SHIGEMI [JP]) 3 mai 1988 (1988-05-03) * revendications 1-6; figures 1,2 *	1-10	
A	JP 07 103659 A (NIPPON KOKAN KK) 18 avril 1995 (1995-04-18) * abrégé; figures 1-3 *	1-10	
A	US 3 512 628 A (KEOUGH WILLIAM R) 19 mai 1970 (1970-05-19) * revendications 1-7; figures 1,2 *	1-10	
A	EP 0 018 677 A1 (HEATTREATMENT ADVISING CO [NL]) 12 novembre 1980 (1980-11-12) * revendications 1-6; figures 1-4 *	1-10	
-/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
31 octobre 2006		Lombois, Thierry	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 680401
FR 0604884

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	FR 2 520 100 A (LOFTUS FURNACE CY [US]) 22 juillet 1983 (1983-07-22) * revendications 1-10; figures 1-4 * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
31 octobre 2006		Lombois, Thierry	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0604884 FA 680401**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **31-10-2006**

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 9145260 A	06-06-1997	JP 3398534 B2	21-04-2003
AT 387652 B	27-02-1989	AT 137586 A	15-07-1988
JP 4187989 A	06-07-1992	JP 2967589 B2	25-10-1999
JP 2002310562 A	23-10-2002	AUCUN	
US 4741695 A	03-05-1988	CN 86105095 A	11-02-1987
		JP 1428087 C	25-02-1988
		JP 62037087 B	11-08-1987
		JP 62037313 A	18-02-1987
		KR 9002711 B1	23-04-1990
		US 4820150 A	11-04-1989
JP 7103659 A	18-04-1995	AUCUN	
US 3512628 A	19-05-1970	AUCUN	
EP 0018677 A1	12-11-1980	DE 3060127 D1	18-02-1982
		FR 2454071 A1	07-11-1980
		NL 7902962 A	15-10-1980
		US 4318259 A	09-03-1982
FR 2520100 A	22-07-1983	DE 3301815 A1	18-08-1983
		GB 2115913 A	14-09-1983
		JP 58141330 A	22-08-1983
		US 4427371 A	24-01-1984
		ZA 8300319 A	29-02-1984