

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 371 738 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
17.12.2003 Bulletin 2003/51

(51) Int Cl.7: **C21D 9/56**
// C23C8/22

(21) Numéro de dépôt: **03447128.4**

(22) Date de dépôt: **30.05.2003**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK

(30) Priorité: **14.06.2002 BE 200200389**

(71) Demandeur: **CENTRE DE RECHERCHES**
METALLURGIQUES-CENTRUM VOOR
RESEARCH IN DE METALLURGIE Assoc. sans
but lucratif-Ver. zonder winstoogmerk
1000 Bruxelles (BE)

(72) Inventeurs:

- **Hennion, Arnaud**
4100 Seraing (BE)
- **Noville, Jean-François**
4041 Milmort (BE)
- **Simon, Pierre**
4053 Embourg (BE)
- **Crahay, Jean**
4970 Francorchamps (BE)

(74) Mandataire: **Van Malderen, Michel**
Office van Malderen
85/043 Boulevard de la Sauvenière
4000 Liège (BE)

(54) Gestion des flux de gaz dans une section réactive

(57) La présente invention se rapporte à un procédé de traitement thermochimique en ligne d'une bande de métal, de préférence d'acier, en défilement continu par passage dans au moins une section faisant partie d'une installation de four se trouvant sous au moins une première atmosphère gazeuse (10), ladite section se trouvant sous une deuxième atmosphère (20) de gaz réactif, étant de nature à endommager le reste dudit four. La section réactive est séparée du reste du four par au

moins un sas, de préférence d'une section amont (S_{in}) par un sas d'entrée (SAS_{in}) et d'une section aval (S_{out}) par un sas de sortie (SAS_{out}). On limite et on contrôle le débit de fuite du premier gaz (10) vers la section réactive et donc la dilution consécutive du gaz réactif (20) définie comme étant égale à $D(\%) = 100 \times Q_{four} / (Q_{four} + Q_{section})$, où Q_{four} est le débit de fuite du gaz de four (10) vers la section réactive et $Q_{section}$ est le débit du gaz réactif (20) injecté dans la section réactive.

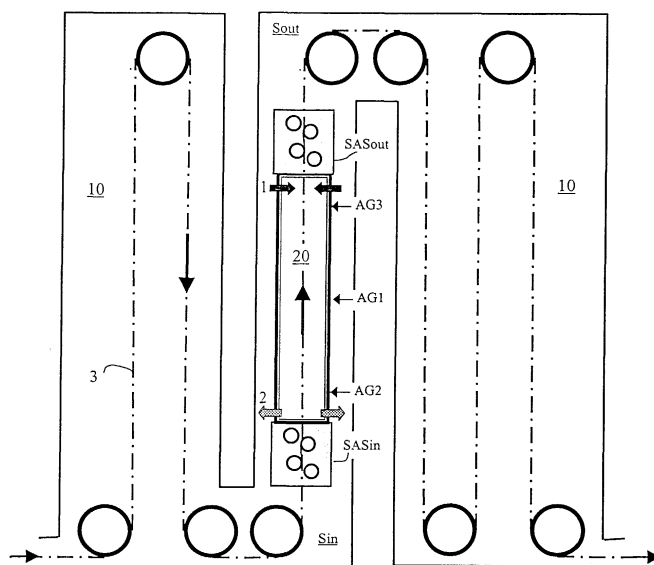


Figure 1

Description**Objet de l'invention**

[0001] La présente invention se rapporte à un nouveau procédé pour diviser un four de recuit en sections séparées sous atmosphère contrôlée pouvant opérer à co-courant, contre-courant ou courant mixte, en vue de promouvoir des réactions gaz-métal spécifiques dans chacune des différentes sections d'une ligne métallurgique de recuit continu.

[0002] L'invention se rapporte en particulier à un procédé de minimisation de la dilution du gaz d'une section réactive résultant de l'entrée de l'atmosphère des sections adjacentes dans ladite section.

[0003] L'invention concerne en outre un procédé de pilotage et de contrôle de ces sections afin d'obtenir les propriétés de surface et mécaniques visées.

[0004] L'invention concerne enfin l'installation pour la mise en oeuvre du procédé.

Etat de la technique

[0005] Un four de recuit continu permet le traitement thermique en continu d'une bande de métal, par exemple d'acier. Le four est généralement constitué de différentes sections dans chacune desquelles on effectue un traitement thermique spécifique en vue de donner à l'acier des propriétés particulières, notamment mécaniques comme la ductilité (formabilité, emboutissage, etc.). Les étapes les plus courantes du traitement thermique sont la préchauffe, la chauffe, le maintien à une température donnée, le refroidissement, le surveilléissement et parfois la galvanisation au trempé. Ainsi, on obtient des aciers aux propriétés requises pour l'automobile, l'électroménager, l'emballage ou encore le bâtiment.

[0006] Les différentes étapes du traitement thermique sont en général réalisées sous atmosphère particulière, contrôlée dans chaque section fermée, dans laquelle on confine un gaz ou un mélange de gaz bien déterminé, par exemple de type HN_x , et dans des conditions de température bien définies.

[0007] Par exemple, on souhaite, dans le traitement conventionnel, recristalliser l'acier, nettoyer la pollution carbonée à la surface de la bande et réduire l'oxyde de surface sous une atmosphère protectrice afin de pouvoir revêtir la bande. On peut également souhaiter réaliser en plus, au cours du traitement conventionnel, des traitements, qui sont actuellement en développement, tels que par exemple :

- carburer la bande afin de lui conférer des propriétés mécaniques ou des propriétés de surface particulières (au moyen d'un mélange CO-H_2), ou
- nitrurer la bande afin de lui conférer des propriétés mécaniques ou des propriétés de surface particulières, ou
- oxyder ou réduire la bande afin de lui conférer des propriétés de surface particulières comme par exemple faciliter le revêtement au trempé à chaud, ou
- déposer sur la bande ou enrichir la bande en un autre élément chimique (par ex. en déposant un élément M ou son oxyde, nitride, etc., en faisant réagir la bande avec un précurseur de type M-R, M-X_x ou M-H_y , R étant un groupement organique, M-X_x , un halogénure et M-H_y un hydruure) par une technique connue sous le nom de CVD (*Chemical Vapor Deposition*) afin de lui conférer des propriétés mécaniques ou de surface particulières.

[0008] La Demanderesse a notamment proposé un procédé de fabrication en continu d'une bande d'acier pour emboutissage à propriétés de surface améliorées comprenant un traitement thermique permettant de réaliser la recristallisation et la carburation de la bande, simultanément ou pas, sous une atmosphère gazeuse comportant des concentrations en CO et H_2 obéissant à la relation

$$[\% \text{vol H}_2] + 2[\% \text{vol CO}] - 80 \geq 0,$$

dans un intervalle de températures de carburation allant de 650 à 950 °C (WO 98/54371).

[0009] Il est connu d'empêcher le passage de fluides, en particulier réactifs, d'une section à une autre par le moyen de sas à feutres assurant l'étanchéité par des moyens mécaniques fixes en contact avec la bande. Ce type de sas n'est pas utilisable à tous les endroits du four (ex. bande portée à plus de 800 °C). En outre, on doit faire face à l'usure et donc l'inefficacité croissante des feutres.

[0010] On connaît également l'utilisation de sas à rouleaux. Lors du passage de la bande entre les rouleaux ou groupes de rouleaux du sas, ceux-ci créent une perte de charge pneumatique limitant le passage d'un gaz vers une autre section adjacente et directement communicante avec ledit sas.

[0011] Toutefois, lorsqu'en particulier, un traitement thermochimique avec un gaz réactif doit être utilisé, le passage d'un gaz vers une autre section doit se faire dans des conditions particulières pour pouvoir exécuter le traitement. Il

est souhaitable que le gaz réactif ne puisse sortir du réacteur afin d'éviter de polluer ou endommager le four ou le sas. Par dommage, on entend toute réaction qui pourrait accélérer la fragilisation des éléments du four ou du sas (ex. carburation, nitruration) ou polluer ces éléments par un dépôt pouvant nuire à la propreté de la bande nécessaire pour les opérations ultérieures. Ainsi, par exemple, l'utilisation d'un gaz carburant entraîne un risque de carburation et de

couverture de suie des éléments mécaniques ou mofles du four et en particulier des rouleaux équipant le sas. Le monoxyde de carbone contenu dans le gaz carburant qui s'échapperait dans le four peut également nécessiter un renforcement des mesures de sécurité de toute la ligne ainsi qu'un traitement particulier de l'ensemble des gaz utilisés dans le four.

[0012] Il peut être déduit de l'état de la technique que les pressions aux bornes du sas doivent être contrôlées de manière à ce que l'atmosphère du four pénètre dans la zone réactive et non l'inverse, pour empêcher que le gaz réactif entre en contact avec ou se répande dans le sas ou tout autre élément du four. Toutefois, le débit de fuite d'un gaz du four vers la section réactive dilue le gaz réactif, ce qui influe sur la thermodynamique et la cinétique des réactions gaz-métal et par conséquent sur les propriétés finales du produit.

[0013] Pour pallier cet effet indésirable, il peut encore être déduit de l'état de la technique que le débit de fuite de chaque sas est avantageusement extrait du réacteur dès son entrée dans ce dernier, afin de préserver un temps de réaction suffisamment long entre la bande et le gaz réactif exempt de dilution par le gaz du four traversant les sas. Toutefois, cette méthode présente des inconvénients et limite les possibilités de configuration du réacteur. Il peut en effet être souhaité, pour un traitement donné, d'injecter le gaz réactif à co-courant ou contre-courant par rapport à la bande. Il est par exemple connu que la vitesse relative bande-gaz influence la cinétique de réaction gaz-métal. Il est aussi parfois avantageux d'introduire le gaz frais au point d'entrée ou de sortie de la bande dans le réacteur. On peut également souhaiter mesurer la composition du gaz à son entrée et à sa sortie afin de vérifier l'état d'avancement de la réaction.

[0014] Afin de préserver la possibilité de travailler à co- ou contre-courant, au moins un débit de fuite du gaz réactif doit être strictement contrôlé afin de réaliser le traitement réactif dans les conditions voulues.

[0015] L'objet d'un sas est de créer une perte de charge maximale. En général, il se présente sous forme d'un rétrécissement de la section du réacteur. Le débit de fuite traversant un sas dépend de nombreux paramètres tels que différence des pressions aux bornes du sas, section et géométrie de passage, format de la bande, température et composition du gaz. La seule connaissance d'une pression différentielle et d'une section de passage ne permet donc pas de contrôler strictement le débit entrant. D'autre part, la mesure du débit par les méthodes usuelles est rendue difficile par les variations de composition, température, pression des gaz considérés.

[0016] En outre quelle que soit la configuration du réacteur, il est important de minimiser les débits d'extraction afin de minimiser la consommation de gaz.

Buts de l'invention

[0017] La présente invention vise à fournir une solution qui permette de s'affranchir des inconvénients de l'état de la technique.

[0018] En particulier, l'invention vise à proposer une solution qui permette de réaliser dans des conditions contrôlables un traitement thermochimique dans une section réactive d'une ligne de recuit continu, pour une configuration de réacteur à co-courant, contre-courant ou courant mixte.

[0019] En particulier, l'invention vise à proposer une solution qui permette de réaliser un tel traitement sans que l'atmosphère réactive ne sorte du réacteur tout en contrôlant et minimisant le débit de gaz des sections adjacentes pénétrant dans la section réactive et interférant avec la réaction.

[0020] L'invention a également pour but de fournir une solution qui permette de sauvegarder l'intégrité physique de l'installation au cours du temps et le fini de surface de la bande d'acier dans des conditions sévères, en particulier de température, auxquelles sont soumises les lignes de recuit continu.

Principaux éléments caractéristiques de l'invention

[0021] La présente invention se rapporte à un procédé de traitement thermochimique en ligne d'une bande de métal, de préférence d'acier, en défilement continu par passage dans au moins une section faisant partie d'une installation de four se trouvant sous au moins une première atmosphère gazeuse, ladite section se trouvant sous une deuxième atmosphère de gaz réactif, étant éventuellement de nature à endommager le reste dudit four ou à polluer la première atmosphère. Ladite section est séparée du reste du four par au moins un sas présentant au moins une restriction, de préférence d'une section amont par un sas d'entrée et d'une section aval par un sas de sortie. Selon l'invention, on limite et on contrôle le débit de fuite du premier gaz vers ladite section réactive et donc la dilution consécutive du gaz réactif définie comme étant égale à $D(\%) = 100 \times Q_{\text{four}} / (Q_{\text{four}} + Q_{\text{section}})$, où Q_{four} est le débit de fuite du gaz de four vers la section réactive et Q_{section} est le débit du gaz réactif injecté dans la section réactive.

[0022] L'invention a comme avantage particulier que la dilution du gaz réactif est calculée en fonction de la section de passage et du nombre de restrictions dudit sas, la géométrie des restrictions, la différence de pression aux bornes du sas, le format de la bande, la composition chimique et la température du gaz réactif. Plus particulièrement, le débit de fuite du gaz de four, au niveau d'un sas comportant au moins une restriction, est donné approximativement par l'expression :

$$Q_{four} = K.S_{sas} \cdot (\Delta P_{sas} / n \rho_0 T)^{1/2}$$

où Q_{four} (Nm³/h) est le débit de fuite du four vers la section, k est un coefficient tenant compte de la géométrie des restrictions du sas, S_{sas} (m²) est la section de passage dudit sas, ΔP_{sas} (Pa) la différence de pression aux bornes dudit sas, n le nombre de restrictions dans le sas, ρ_0 (kg/m³) la densité à 273,15 K et à la pression atmosphérique et T(K) la température du gaz traversant le sas.

[0023] Toujours avantageusement, ΔP_{sas} (Pa) est une pression différentielle minimale de signe tel que la pression dans le four à l'extérieur de la section réactive est toujours supérieure à la pression à l'intérieur de ladite section, de telle sorte que un débit de gaz du four pénètre dans ladite section et non l'inverse.

[0024] De préférence, on chauffe le gaz du four pénétrant dans le sas, de préférence encore de 20 à 950 °C, et on mesure la température dudit gaz.

[0025] Selon l'invention, les propriétés de surface et/ou mécaniques visées de la bande de métal déterminent une valeur initiale de débit du gaz réactif, ainsi que sa composition chimique, en fonction de la valeur calculée de dilution dudit gaz.

[0026] Selon une modalité de réalisation préférée, on mesure ladite dilution par analyse de gaz d'au moins un composant du gaz réactif ne réagissant pas ou d'un gaz traceur inerte et on corrige en conséquence le débit de gaz réactif et/ou sa composition chimique en vue d'obtenir lesdites propriétés visées.

[0027] Toujours préférentiellement, on mesure par analyse de gaz l'état d'avancement de la réaction thermochimique à l'entrée et à la sortie du gaz réactif dans la section et on corrige en conséquence le débit de gaz réactif et sa composition chimique en vue d'obtenir lesdites propriétés visées.

[0028] Selon une modalité d'exécution particulière de l'invention, on souhaite qu'aucun gaz ne pénètre dans la section réactive, afin de pouvoir recycler ledit gaz réactif. Ainsi, dans ce cas, cela revient à inverser le signe de ΔP_{sas} de manière à limiter et contrôler un débit de fuite de la section réactive vers les sections adjacentes. Les caractéristiques générales de l'invention restent valables dans ce cas.

[0029] Un autre aspect de l'invention concerne une installation pour le traitement thermochimique en ligne d'une bande de métal, de préférence d'acier, en défilement continu sous au moins une première atmosphère gazeuse et comprenant au moins une section se trouvant sous une deuxième atmosphère de gaz réactif, étant de nature à endommager le reste de l'installation, comprenant également des moyens d'injection de gaz réactif dans ladite section et des moyens d'extraction de gaz, de préférence sis près de l'entrée et de la sortie de ladite section sur la ligne continue, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens pour limiter et contrôler le débit de fuite du premier gaz vers ladite section réactive et donc la dilution du gaz réactif définie comme étant égale à $D(\%) = 100 \times Q_{four} / (Q_{four} + Q_{section})$, où Q_{four} est le débit de fuite du gaz de four vers la section et $Q_{section}$ est le débit du gaz réactif injecté dans la section.

[0030] Avantagusement, lesdits moyens de limitation et de contrôle comprennent au moins un sas séparant ladite section du reste de l'installation, de préférence un sas d'entrée en amont et un sas de sortie en aval de ladite section, communiquant directement respectivement avec une section précédente et une section suivante de l'installation, ledit sas permettant de fixer une section de passage minimale pour le gaz.

[0031] Encore plus avantagusement, lesdits moyens d'extraction de gaz sont tels qu'ils sont capables d'assurer un ΔP minimum aux bornes du sas pour qu'un débit de gaz de fuite pénètre dans la section réactive et non l'inverse.

[0032] Toujours selon l'invention, ledit sas comprend au moins une restriction, de préférence à rouleaux de section de passage ajustable, rétractable(s) et dont la vitesse des pièces en contact avec la bande est synchronisée avec la vitesse de ladite bande.

[0033] Selon une modalité de réalisation particulièrement préférée, chaque restriction comprend une double paire de rouleaux décalés, de préférence avec un seul rouleau par paire en contact avec la bande, le contact des rouleaux sur la bande se faisant sur des faces opposées et la distance du second rouleau de chaque paire avec la bande étant ajustable pour réduire la section de passage de la bande.

[0034] L'installation de l'invention est conçue pour une configuration d'injection et d'extraction à co-courant, contre-courant ou courant mixte.

Breve description des figures

[0035] La figure 1 représente schématiquement une section de ligne continue avec les améliorations selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

[0036] La figure 2 représente schématiquement un type de sas selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

[0037] La figure 3 représente graphiquement une relation selon l'invention entre la variation de pression aux bornes d'un sas ΔP_{sas} , la température du gaz de four HN_5 et le débit de gaz traversant le sas.

[0038] La figure 4 représente graphiquement le facteur de dilution mesuré par la teneur en azote (N_2) dans la zone réactive à partir d'une atmosphère de four HN_5 à 600 °C en fonction de la distance bande-rouleau pour quatre valeurs de ΔP_{sas} .

Description d'une forme d'exécution préférée de l'invention

[0039] L'invention consiste en un procédé pour la réalisation de traitements sous une atmosphère réactive potentiellement dommageable pour le reste du four. Quelle que soit la configuration du réacteur (co-courant, contre-courant ou mixte), lesdits traitements sont réalisés avec des niveaux de dilution D résultant de l'entrée de l'atmosphère des sections directement adjacentes du four dans la section réactive tels que :

$$D(\%) = 100 \cdot Q_{four} / (Q_{four} + Q_{section}) \quad (\text{EQU.1}),$$

avec

$$Q_{four} = k \cdot S_{sas} \cdot (\Delta P_{sas} / n p_0 T)^{1/2} \quad (\text{EQU.2}),$$

où Q_{four} (Nm^3/h) est le débit de fuite du four vers ladite section, $Q_{section}$ (Nm^3/h) est le débit de gaz réactif, k est un coefficient tenant compte de la géométrie du sas, S_{sas} (m^2) est la section de passage du sas, ΔP_{sas} (Pa) la différence de pression aux bornes du sas, n le nombre de restrictions dans le sas, ρ_0 (kg/m^3) la densité à 273,15 K et à la pression atmosphérique et T(K) la température du gaz traversant le sas.

[0040] Une section pouvant contenir un gaz réactif est généralement équipée d'un ou plusieurs systèmes d'extraction et d'injection de gaz. Aux deux extrémités de la section, une perte de charge est créée à l'aide d'un sas à contact connu dans l'état de la technique, composé de n restrictions ($n \geq 1$), de préférence à rouleaux, de section de passage ajustable, rétractable(s) pour les besoins de la ligne, dont la vitesse des pièces en contact avec la bande est synchronisée avec la vitesse de cette dernière. Une section de passage minimale du sas S_{min} est fixée pour ne pas perturber la conduite de la ligne et ne pas griffer la bande. L'extraction dans la zone réactive est contrôlée pour assurer un ΔP minimum aux bornes des deux sas. Le gaz pénétrant dans le sas est chauffé et sa température mesurée.

[0041] La dilution étant connue et contrôlée, un modèle ou une abaque permettent de calculer le débit et la chimie (c'est-à-dire la composition chimique) du gaz réactif nécessaire pour atteindre l'objectif en termes de propriétés de la bande.

[0042] Selon un mode préférentiel de l'invention, la dilution est mesurée par analyse de gaz, la valeur obtenue étant alors injectée dans ledit modèle pour corriger le débit et la chimie du gaz réactif en vue d'atteindre l'objectif en termes de propriétés de la bande.

[0043] Selon encore un autre mode préférentiel de l'invention, la mesure de la chimie du gaz réactif à son entrée et à sa sortie fournit un état d'avancement de la réaction qui permet de réajuster le débit et la chimie du gaz réactif pour atteindre l'objectif en termes de propriétés de la bande.

Description du traitement

[0044] Une section pouvant contenir un gaz réactif 20 est équipée d'un ou plusieurs systèmes d'extraction 2. On opère une extraction de ladite atmosphère réactive en au moins un point de la section de traitement sis près d'un des deux sas SAS_{in} et/ou SAS_{out} (Figure 1).

[0045] L'injection 1 et l'extraction 2 peuvent être sises respectivement à la sortie et à l'entrée de la bande 3 de manière à ce que le mouvement de la bande 3 s'oppose au sens d'écoulement du gaz : cette configuration est dite "à contre-courant". L'injection 1 et l'extraction 2 peuvent être sises respectivement à l'entrée et à la sortie de la bande 3 de manière à ce que le mouvement de la bande 3 accompagne l'écoulement du gaz : cette configuration est dite "à co-courant". L'injection 1 peut être centrale et les extractions 2 peuvent être sises à l'entrée et à la sortie de la bande

3 de manière à ce que le mouvement de la bande 3 s'oppose à l'écoulement du gaz dans une partie du réacteur et l'accompagne dans une autre : cette configuration est dite "à courant mixte". Quelle que soit la configuration de réacteur, un niveau de dilution minimal doit être garanti.

5 Description des sas

[0046] Les sections S_{in} , S , S_{out} , etc., sont séparées par des sas. Ainsi, la section S est précédée d'un sas d'entrée SAS_{in} et suivie d'un sas de sortie SAS_{out} . Les sas sont constitués de n restrictions ($n \geq 1$) qui créent une perte de charge.

[0047] Avantagusement, S_{in} et S_{out} sont mis en contact par une déviation (by-pass) de l'atmosphère du four de sorte que les pressions en S_{in} et S_{out} soient équivalentes ou proches et afin d'assurer la continuité du flux de gaz protecteur dans la ligne.

[0048] Avantagusement, lesdits sas sont constitués de deux paires de rouleaux 4,4',5,5', afin d'obtenir une perte de charge maximale (Figure 2). Les deux paires de rouleaux 4,4',5,5' y sont décalées afin de supprimer l'incurvation selon la largeur de la bande (effet de Poisson). Un seul rouleau 4',5' par paire est en contact avec la bande 3, le contact des rouleaux sur la bande se faisant sur des faces opposées.

[0049] La distance du second rouleau 4,5 avec la bande est ajustable par rotation de manière à ne réduire la section de passage de la bande que lorsque c'est nécessaire, la bande pouvant alors passer sans risque d'accrochage lorsque des "heat buckles" ou autres défauts de conformation apparaissent. Par la présence d'un angle de contact, les vitesses des rouleaux 4',5' en contact avec la bande sont synchronisées avec la vitesse de la bande pour éviter les griffures (on donne une consigne de couple).

[0050] Afin de minimiser le débit de dilution pour une perte de charge donnée, le gaz du four pénétrant dans le sas est chauffé avant son entrée dans le sas et sa température mesurée. La figure 3 montre l'influence du gaz traversant le sas sur la variation de pression aux bornes du sas (exprimée en pascal) à différentes températures du gaz de four, dans le cas d'un sas à 5 restrictions de 3×300 mm (HN_5 : 5% H_2 - N_2).

[0051] Une distance de sécurité bande-rouleau D_{min} correspondant à une section de passage équivalente S_{min} est fixée. Un ΔP_{min} de sécurité aux bornes des deux sas est également fixé de telle sorte qu'un débit minimum d'extraction assure toujours un écoulement de gaz du four vers la section réactive.

Description du contrôle et du pilotage de la section

[0052] La chimie et le format de la bande sont connus avant l'entrée de celle-ci dans la section réactive de telle sorte qu'un objectif en termes de prise en éléments ou quantité de dépôt est fixé.

[0053] Une première estimation du débit de fuite de chaque sas et donc de la dilution est obtenue. En effet, pour une restriction, il vient dans l'hypothèse que le gaz se comporte comme un fluide incompressible (hypothèse valable tant que la vitesse des gaz n'est pas trop importante) :

$$Q_{four} = 60^2 \cdot \sqrt{2 \times 273,15 \cdot S_{sas} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma-1} \cdot \frac{P_f}{\rho_0 T} \cdot \left(1 - \frac{P_s}{P_f}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}} \quad (\text{EQU.3}),$$

où Q_{four} (Nm^3/h) est le débit de fuite du four vers la section, S_{sas} (m^2) est la section de fuite, $\gamma = C_p/C_v$ est le coefficient adiabatique, P_f (Pa) et P_s (Pa) sont les pressions absolues du gaz respectivement à l'entrée et à la sortie du sas, ρ_0 (kg/m^3) est la densité du gaz à 273,15 K et à la pression atmosphérique et T (K) la température du gaz traversant le sas. Pour n restrictions dans le sas, il vient :

$$Q_{four} = k \cdot S_{sas} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma-1} \cdot \frac{P_f}{\rho_0 T} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta P_{sas}}{n P_f}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]} \quad (\text{EQU.4}),$$

où k est un coefficient tenant compte de la géométrie des n restrictions du sas et ΔP_{sas} (Pa) la différence de pression aux bornes du sas.

[0054] Si $\Delta P_{sas}/n P_{four} \ll 1$, on peut écrire :

$$Q_{four} = k \cdot S_{sas} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_{sas}}{n \rho_0 T}} \quad (\text{EQU.4}').$$

[0055] Cette dilution est traitée sur base d'un modèle qui permet de calculer le débit et la chimie du gaz réactif à ajuster en vue d'atteindre l'objectif en termes de propriétés visées de la bande.

[0056] On effectue les opérations suivantes :

- application du réglage de la distance de sécurité bande-rouleau D_{\min} ,
- application d'une extraction supérieure au débit d'injection prévu ;
- injection de gaz réactif ;
- abaissement du ΔP aux bornes des deux sas jusqu'au ΔP_{\min} à l'aide du réglage du débit d'extraction.

[0057] Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, la dilution est mesurée par analyse de gaz, cette valeur étant injectée dans le modèle qui permet de réajuster le débit et/ou la chimie du gaz réactif pour atteindre l'objectif fixé. On opère une analyse de gaz en un point AG1 représentatif de la section S de manière à calculer le niveau de dilution de l'atmosphère 20 par le débit de fuite des sections adjacentes et de corriger le débit et/ou la chimie du gaz réactif pour la réalisation de l'objectif en terme de propriétés de la bande visées.

[0058] Selon un autre-mode préféré de réalisation de l'invention, la mesure de la chimie du gaz réactif à son entrée au point AG3 et à sa sortie au point AG2 permet d'obtenir un avancement de la réaction et de corriger le débit et/ou la chimie du gaz réactif pour la réalisation de l'objectif en termes de propriétés de la bande visées (Figure 1). Par exemple, dans le cas de la réaction de carburation, la détermination du nombre de moles d'eau libérées par la réaction permet d'évaluer le nombre de moles de carbone formées à la surface de la bande.

EXEMPLE

[0059] On considérera, à titre d'exemple, un réacteur de carburation visant à produire des aciers hyperemboutissables avec propriétés de "Bake Hardening", dans lequel une quantité de carbone optimale doit être introduite dans la bande afin d'obtenir des propriétés mécaniques particulières pour l'industrie automobile.

[0060] Ainsi, la section S de la figure 1 possède des injections 1 de gaz, sises à la sortie de la bande 3 et des extracteurs 2 sis à l'entrée de la bande 3, le gaz étant injecté à contre-courant de la bande. Les sections adjacentes successives S_{in} , S, S_{out} , etc., sont séparées par des sas à rouleaux. Les gaz des sections S_{in} et S_{out} peuvent avantageusement être mis en contact par un contournement (by-pass) de la section S arrangé de telle manière que les pressions en S_{in} et S_{out} soient équivalentes ou proches, comme il a été suggéré dans la demande de brevet américain US-A-2001/045024, où on propose d'équilibrer les pressions à l'entrée et à la sortie d'une chambre de refroidissement à atmosphère contrôlée d'hydrogène au moyen d'un conduit en by-pass. La section réactive ne contient pas de rouleaux.

[0061] La section S est précédée d'un sas SAS_{in} et est suivie d'un sas de sortie SAS_{out} . Afin de minimiser le débit de dilution pour une perte de charge donnée, le gaz du four pénétrant dans le sas est chauffé avant son entrée dans le sas et sa température mesurée.

[0062] La chimie et le format de la bande sont connus avant l'entrée de celle-ci de sorte qu'un objectif en termes de prise en éléments C est fixé pour obtenir les propriétés voulues de Bake Hardening. La distance minimum bande-rouleaux D_{\min} est par exemple fixée à 5 millimètres, le ΔP_{\min} à 10 Pa. Une première évaluation du débit de fuite est obtenue à l'aide de ces données et de l'équation 3 (ou 4').

[0063] L'atmosphère injectée dans le réacteur contient 33% CO , 66% H_2 et est additionnée de 1,38% d'eau (point de rosée PR : +12 °C). L'atmosphère des sections adjacentes contient 5% de H_2 , 0,037% eau (point de rosée PR : -30 °C) et le reste en azote. Compte tenu de la dilution, un débit nécessaire de gaz carburant qui permette d'atteindre l'objectif est obtenu à l'aide d'un modèle ou d'une abaque comme mentionné ci-dessus.

[0064] On effectue les opérations suivantes :

- application du réglage de la distance de sécurité bande-rouleau D_{\min} ,
- application d'une extraction supérieure au débit d'injection prévu ;
- injection de gaz réactif ;
- abaissement du ΔP aux bornes des deux sas jusqu'au ΔP_{\min} à l'aide du réglage du débit d'extraction.

[0065] On opère une analyse du gaz dans la section S en son centre au point AG1 (Figure 1). On mesure par exemple les teneurs en CO , CO_2 , CH_4 , H_2 , H_2O pour en déduire la teneur en N_2 . Celui-ci ne réagissant pas de manière significative avec la bande, il est possible de l'utiliser comme indicateur de la dilution dans le four. La dilution étant mesurée, on corrige le débit de gaz réactif pour la réalisation de l'objectif en termes de prise en carbone.

[0066] La mesure de la chimie du gaz réactif respectivement à son entrée au point AG3 et à sa sortie au point AG2 permet d'obtenir un avancement de la réaction est de réajuster si nécessaire le débit ou la chimie du gaz réactif.

[0067] Le tableau 1 représente des conditions de traitement réalisées dans un mode préféré de l'invention dans

lequel la viabilité du procédé a pu être démontrée (réacteur à contre-courant contenant un mélange hautement carburant, section adjacente 5% H₂-N₂ - PR : -30 °C traversant sas à 5 restrictions de 0,35 x 0,005 m², coefficient k proche de 8,4 x 10⁴).

Tableau 1 :

comparaison de la mesure et du calcul de la teneur en azote du réacteur pour différents débits de gaz carburant et pressions différentielles aux bornes du sas.			
Q gaz carburant (Nm ³ /h)	ΔP _{sas_out} (Pa)	N ₂ théorique (%vol)	N ₂ mesuré Centre four (%vol)
10	8	35,96	30
20	10	24,13	23
30	15	20,67	20
40	16	16,83	17
50	11	11,87	12

[0068] La figure 4 montre que la teneur en azote (N₂) d'une section réactive dans laquelle on injecte un gaz exempt d'azote mais dilué par une atmosphère contenant 5 % H₂ et 95 % N₂ à 600 °C augmente avec l'écartement de la fente du sas (2 restrictions de largeur 1850 mm, coefficient k = 8,4 x 10⁴, bande de section 0,007 x 1500 m², débit de gaz réactif : 500 Nm³/h).

Revendications

- Procédé de traitement thermochimique en ligne d'une bande de métal, de préférence d'acier, en défilement continu par passage dans au moins une section faisant partie d'une installation de four se trouvant sous au moins une première atmosphère gazeuse (10), ladite section se trouvant sous une deuxième atmosphère (20) de gaz réactif, étant éventuellement de nature à endommager le reste dudit four ou à polluer ladite première atmosphère, ladite section étant séparée du reste du four par au moins un sas présentant au moins une restriction ($n \geq 1$), de préférence d'une section amont (S_{in}) par un sas d'entrée (SAS_{in}) et d'une section aval (S_{out}) par un sas de sortie (SAS_{out}), **caractérisé en ce qu'on** limite et on contrôle le débit de fuite du premier gaz (10) vers ladite section réactive et donc la dilution consécutive du gaz réactif (20) définie comme étant égale à $D(\%) = 100 \times Q_{\text{four}} / (Q_{\text{four}} + Q_{\text{section}})$, où Q_{four} est le débit de fuite du gaz de four (10) vers la section réactive et Q_{section} est le débit du gaz réactif (20) injecté dans la section réactive.
- Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la dilution du gaz réactif est calculée en fonction de la section de passage et du nombre de restrictions dudit sas, la géométrie des restrictions, la différence de pression aux bornes du sas, le format de la bande, la composition chimique et la température du gaz réactif.
- Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le débit de fuite du gaz de four (Q_{four}), au niveau d'un sas comportant au moins une restriction, est donné approximativement par l'expression :

$$Q_{\text{four}} = k \cdot S_{\text{sas}} \cdot (\Delta P_{\text{sas}} / n \rho_0 T)^{1/2},$$

où Q_{four}(Nm³/h) est le débit de fuite du four vers la section, k est un coefficient tenant compte de la géométrie des restrictions du sas, S_{sas}(m²) est la section de passage dudit sas, ΔP_{sas}(Pa) la différence de pression aux bornes dudit sas, n le nombre de restrictions dans le sas, ρ₀(kg/m³) la densité à 273,15 K et à la pression atmosphérique et T(K) la température du gaz traversant le sas.

- Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** ΔP_{sas}(Pa) est une pression différentielle minimale de signe tel que la pression dans le four à l'extérieur de la section réactive est toujours supérieure à la pression à l'intérieur de ladite section, de telle sorte qu'un débit de gaz du four (10) pénètre dans ladite section et non l'inverse.
- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** chauffe le gaz du four

pénétrant dans le sas, de préférence de 20 à 950 °C, et qu'on mesure la température dudit gaz.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les propriétés de surface et/ou mécaniques visées de la bande de métal déterminent une valeur initiale de débit du gaz réactif (20), ainsi que sa composition chimique, en fonction de la valeur calculée de dilution dudit gaz.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'on** mesure ladite dilution par analyse de gaz (AG1) d'au moins un composant du gaz réactif (20) ne réagissant pas ou d'un gaz traceur inerte et **en ce qu'on** corrige en conséquence le débit de gaz réactif (20) et/ou sa composition chimique en vue d'obtenir lesdites propriétés visées.
8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce qu'on** mesure par analyse de gaz l'état d'avancement de la réaction thermochimique à l'entrée (AG3) et à la sortie (AG2) du gaz réactif (20) dans la section et **en ce qu'on** corrige en conséquence le débit de gaz réactif (20) et sa composition chimique en vue d'obtenir lesdites propriétés visées.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'on** limite et contrôle un débit de fuite de la section réactive vers les sections adjacentes en inversant le signe du ou des ΔP_{sas} .
10. Installation pour le traitement thermochimique en ligne d'une bande de métal, de préférence d'acier, en défilement continu sous au moins une première atmosphère gazeuse (10) et comprenant au moins une section se trouvant sous une deuxième atmosphère (20) de gaz réactif, étant de nature à endommager le reste de l'installation, comprenant également des moyens d'injection de gaz réactif dans ladite section et des moyens d'extraction de gaz, de préférence sis près de l'entrée et de la sortie de ladite section sur la ligne continue, **caractérisée en ce qu'elle** comprend des moyens pour limiter et contrôler le débit de fuite du premier gaz (10) vers ladite section réactive et donc la dilution du gaz réactif (20) définie comme étant égale à $D(\%) = 100 \times Q_{\text{four}} / (Q_{\text{four}} + Q_{\text{section}})$, où Q_{four} est le débit de fuite du gaz de four (10) vers la section et Q_{section} est le débit du gaz réactif (20) injecté dans la section.
11. Installation selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** lesdits moyens de limitation et de contrôle comprennent au moins un sas séparant ladite section du reste de l'installation, de préférence un sas d'entrée (SAS_{in}) en amont et un sas de sortie (SAS_{out}) en aval de ladite section, communiquant directement respectivement avec une section précédente (S_{in}) et une section suivante (S_{out}) de l'installation, ledit sas permettant de fixer une section de passage minimale pour le gaz.
12. Installation selon la revendication 10 ou 11, **caractérisée en ce que** lesdits moyens d'extraction de gaz sont tels qu'ils sont capables d'assurer un ΔP minimum aux bornes du sas pour qu'un débit de gaz de fuite (10) pénètre dans la section réactive et non l'inverse.
13. Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce que** ledit sas comprend au moins une restriction, de préférence à rouleaux (4,4',5,5') de section de passage ajustable, rétractable(s) et dont la vitesse des pièces en contact avec la bande (3) est synchronisée avec la vitesse de ladite bande.
14. Installation selon la revendication 13, **caractérisée en ce que** chaque restriction comprend une double paire de rouleaux décalés (4,4',5,5'), de préférence avec un seul rouleau par paire (4',5') en contact avec la bande (3), le contact des rouleaux sur la bande se faisant sur des faces opposées et la distance du second rouleau de chaque paire (4,5) avec la bande (3) étant ajustable pour réduire la section de passage de la bande.
15. Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, **caractérisée en ce que** la configuration d'injection et d'extraction est à co-courant, contre-courant ou courant mixte.

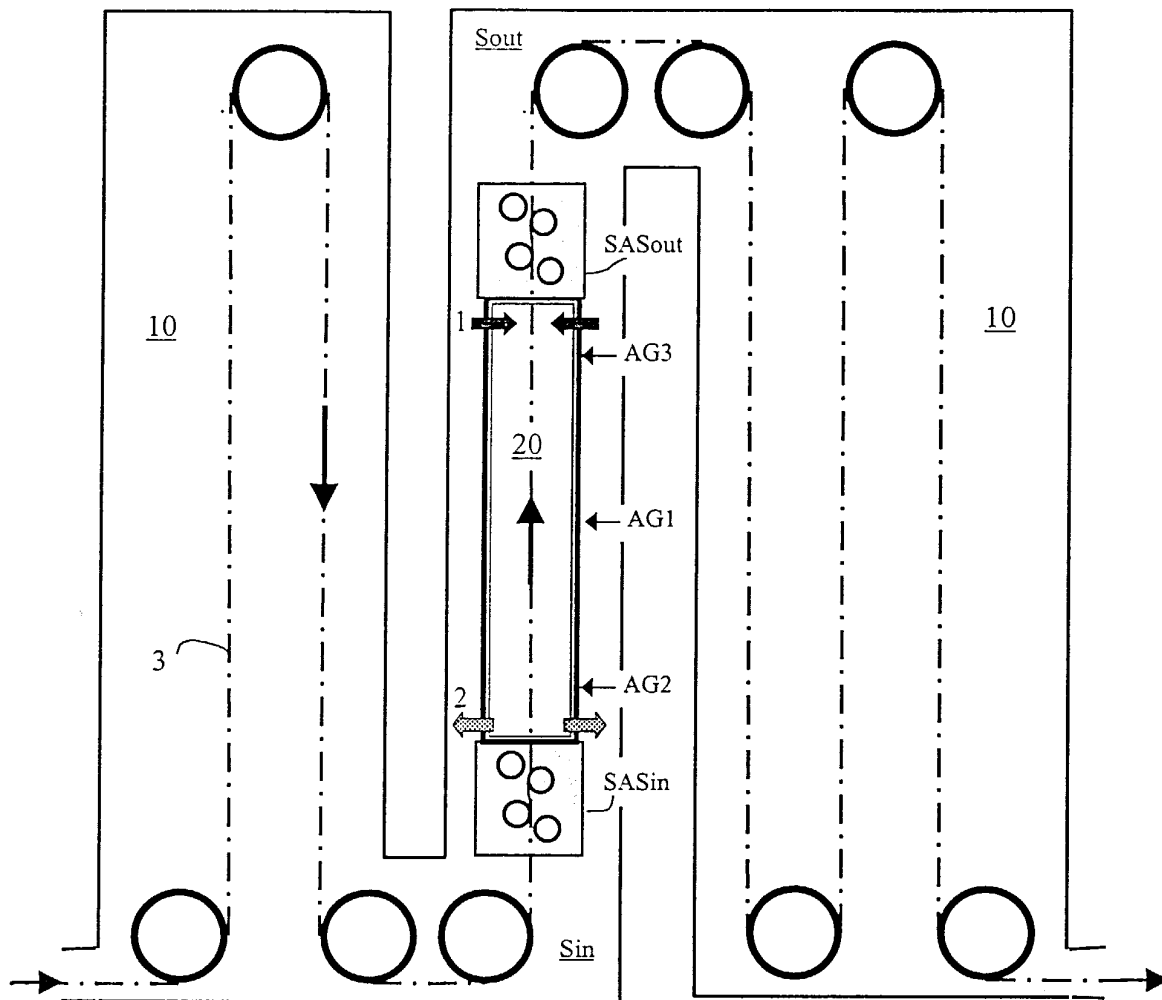


Figure 1

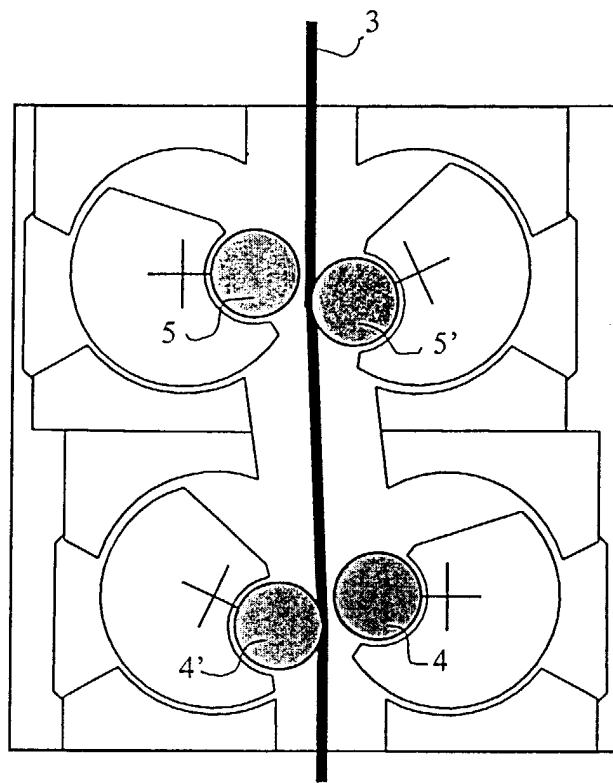


Figure 2

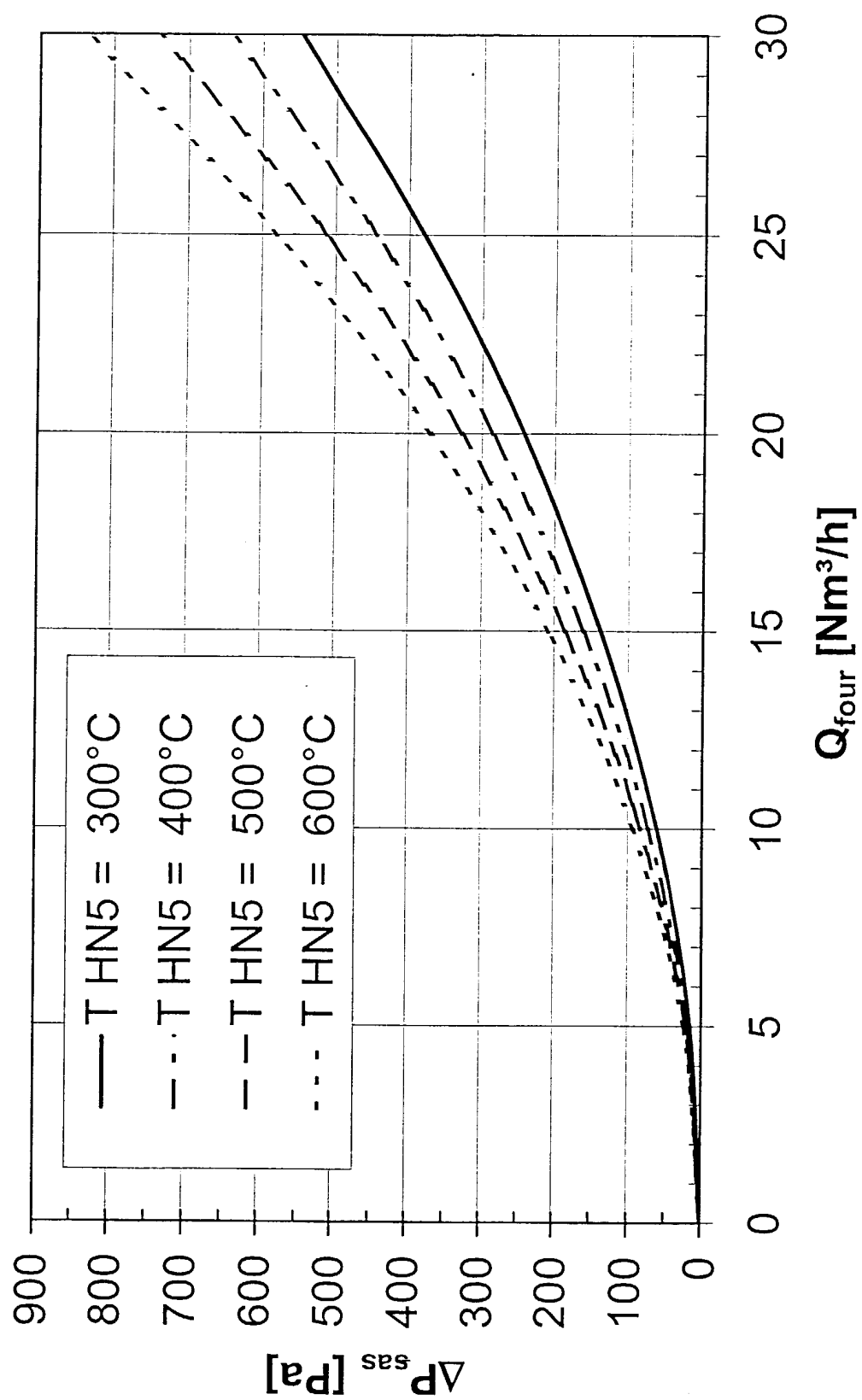


Figure 3

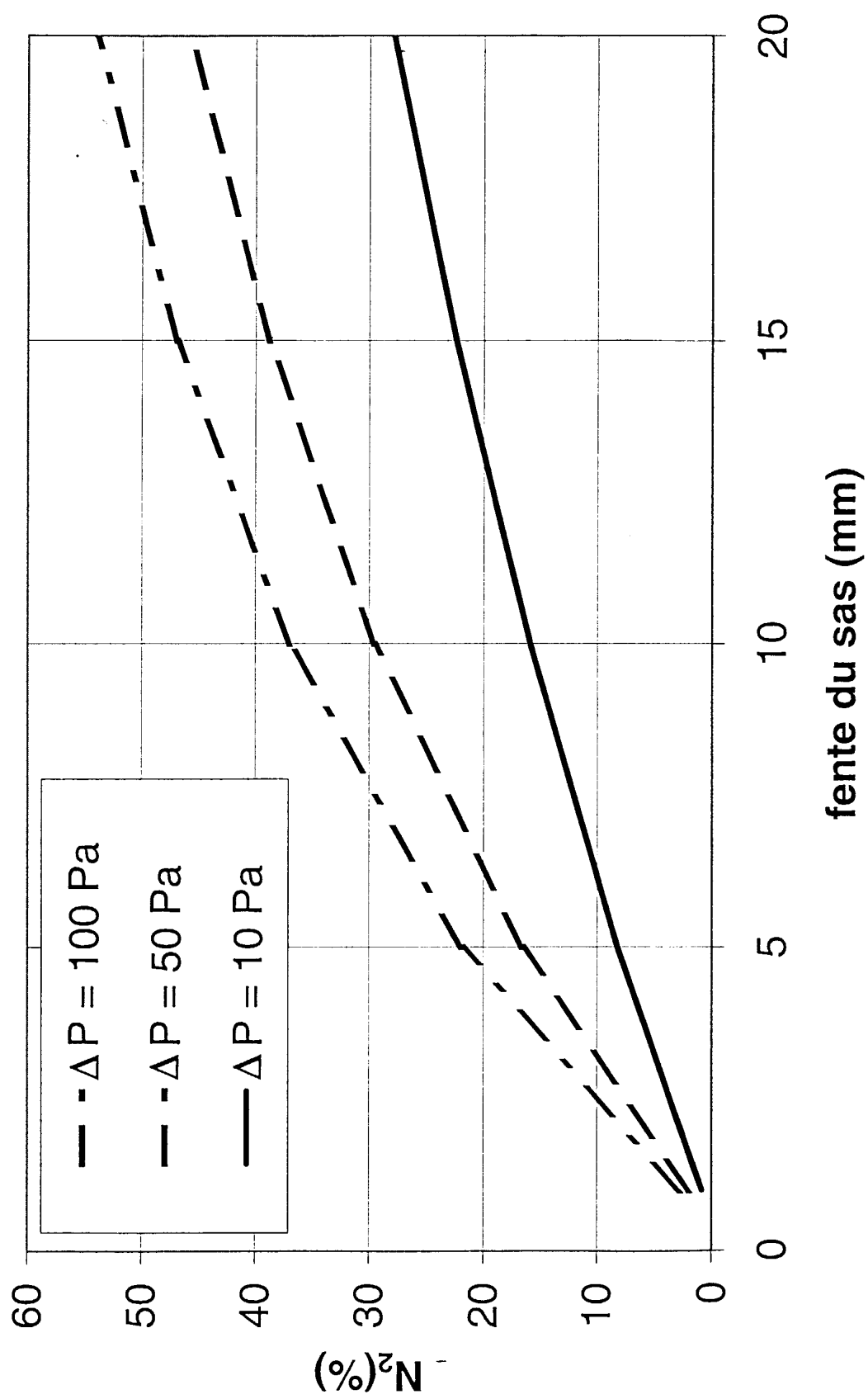


Figure 4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 03 44 7128

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
D,X	EP 1 160 342 A (STEIN HEURTEY) 5 décembre 2001 (2001-12-05) * revendications; figures *	1,10	C21D9/56 //C23C8/22
A	EP 1 069 193 A (KAWASAKI STEEL CO) 17 janvier 2001 (2001-01-17)		
A	US 2 775 825 A (PHILLIPS WILLIAM A) 1 janvier 1957 (1957-01-01)		
A,D	WO 98 54371 A (CENTRE RECH METALLURGIQUE ;CRAHAY JEAN (BE); LEROY VINCENT (BE); W) 3 décembre 1998 (1998-12-03)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			C21D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 17 septembre 2003	Examineur Mollet, G
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 03 44 7128

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

17-09-2003

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1160342	A	05-12-2001	FR	2809418 A1	30-11-2001
			CN	1327144 A	19-12-2001
			DE	1160342 T1	23-05-2002
			EP	1160342 A1	05-12-2001
			ES	2165342 T1	16-03-2002
			JP	2002003954 A	09-01-2002
			US	2001045024 A1	29-11-2001

EP 1069193	A	17-01-2001	BR	9904910 A	20-06-2000
			EP	1069193 A1	17-01-2001
			US	6190164 B1	20-02-2001
			CN	1094521 B	20-11-2002
			JP	11335744 A	07-12-1999
			WO	9950464 A1	07-10-1999

US 2775825	A	01-01-1957	AUCUN		

WO 9854371	A	03-12-1998	BE	1011178 A3	01-06-1999
			WO	9854371 A1	03-12-1998
			DE	69802525 D1	20-12-2001
			DE	69802525 T2	27-06-2002
			EP	0985054 A1	15-03-2000

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82