

Brevet N° **82831**  
du **9 octobre 1980**  
Titre délivré : **10 MAI 1982**

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG



Monsieur le Ministre  
de l'Économie et des Classes Moyennes  
Service de la Propriété Intellectuelle  
LUXEMBOURG

*Uy 18m*  
*9.4.1982*

### Demande de Brevet d'Invention

#### I. Requête

La société anonyme dite: METALLURGIE HOBOKEN-OVERPELT, 8, (1)  
rue Montagne du Parc, Bruxelles, Belgique, représentée par (2)  
Monsieur Charles Munchen, conseil en brevets à Luxembourg, (2)  
agissant en qualité de mandataire  
dépose(nt) ce neuf octobre 1900 quatre-vingts (3)  
à 15.00 heures, au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, à Luxembourg :  
1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant : (4)  
"Procédé pour protéger les parois latérales de fours  
électriques",

2. la délégation de pouvoir, datée de Hoboken le 8 octobre 1980  
3. la description en langue française de l'invention en deux exemplaires;  
4. une planches de dessin, en deux exemplaires;  
5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,  
le 9 octobre 1980

déclare(nt) en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) : (5)

revendique(nt) pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de (6)  
// déposée(s) en (7) //  
le // (8)

au nom de // (9)

élit(élisent) pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg (10)  
11a, boulevard Prince-Henri

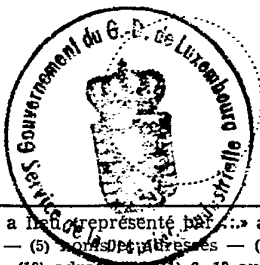
solicite(nt) la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les (11)  
annexes susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à dix-huit mois.

Le mandataire  
*Charles Munchen*

#### II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, Service de la Propriété Intellectuelle à Luxembourg, en date du :  
9 octobre 1980

à 15.00 heures



Pr. le Ministre  
de l'Économie et des Classes Moyennes,  
*[Signature]*

(1) Nom, prénom, firme, adresse — (2) s'il a été représenté par... agissant en qualité de mandataire — (3) date du dépôt en toutes lettres — (4) titre de l'invention — (5) noms des auteurs — (6) Brevet, certificat d'addition, modèle d'utilité — (7) pays — (8) date — (9) déposant originaire — (10) adresse — (11) 6, 12 ou 18 mois.

Demande de brevet  
de 9 octobre 1980

2.4383 ow

## Désignation de l'Inventeur

(<sup>1</sup>) Le soussigné Monsieur Charles Munchen, conseil en brevets à  
Luxembourg, 11a, boulevard Prince-Henri

agissant en qualité de déposant — de mandataire du déposant —

(<sup>2</sup>) la société anonyme dite: METALLURGIE HOBOKEN-OVERPELT,  
8<sup>m</sup> rue Montagne du Parc, Bruxelles, Belgique

(<sup>3</sup>) de l'invention concernant :

"Procédé pour protéger la sole de fours électriques",

désigne comme inventeur (s) :

- 1.) Nom et prénoms Monsieur Robert H. Maes,  
Adresse Kapelstraat 115, B-2540 Hove, Belgique
2. Nom et prénoms Monsieur André L. Delvaux,  
Adresse Fruithoflaan 93 - (bus 14), B-2600 Berchem, Belgique
3. Nom et prénoms Monsieur Pierre J. Lenoir,  
Adresse Ingenieur Haesaertsiaan 33, B-2520 Edegem, Belgique

Il affirme la sincérité des indications susmentionnées et déclare en assumer l'entière responsabilité.

Luxembourg, le 15 octobre 19 80



(signature)

A 68026

(<sup>1</sup>) Nom, prénoms, firme, adresse.

(<sup>2</sup>) Nom, prénoms et adresse du déposant.

(<sup>3</sup>) Titre de l'invention comme dans la demande de brevet.

2.4382

M E M O I R E   D E S C R I P T I F  
déposé à l'appui d'une demande de  
B R E V E T   D ' I N V E N T I O N  
au Grand-Duché de Luxembourg  
au nom de la Société anonyme dite  
METALLURGIE HOBOKEN-OVERPELT

pour :


"Procédé pour protéger les parois latérales de fours électriques"



La présente invention se rapporte à un procédé de protection des parois latérales de fours électriques contenant des scories à une température sensiblement supérieure à leur température de fusion, et qui tendent dès lors à attaquer les parois latérales par corrosion et par érosion.

Une telle situation se présente, par exemple, dans les fours de réduction de ferro-alliages, où les conditions de réduction nécessitent d'opérer à des températures nettement supérieures au point de fusion de la scorie; on opère par exemple à 1500°C, alors que la scorie peut avoir un point de fusion de l'ordre de 1400°C. Egalement dans les fours de slag cleaning, la température d'opération doit systématiquement être supérieure au point de fusion de la scorie et des différences de l'ordre de 100°C sont assez fréquentes; dans certains cas, les conditions de réduction peuvent même nécessiter des surchauffes de scorie atteignant 250°C et plus.

Dans ces conditions, les fours de conception traditionnelle présentent systématiquement des attaques poussées du réfractaire constituant les parois latérales et, au-delà de certains niveaux de surchauffe, ils deviennent même totalement inadéquats pour contenir les scories liquides. Pour remédier à cette situation, on a proposé des dispositifs constitués de parois réfractaires à haute conductivité thermique, tels que décrits dans "TMS Paper Selection A 80-5, Wall design for metallurgical furnaces, K. Potocnik, The Metallurgical Society of AIME". Pour évacuer les hauts flux calorifiques que ces parois doivent transmettre, il faut faire appel à une circulation d'eau à leur surface extérieure. Un inconvénient de ces dispositifs est que la transmission de la chaleur de la paroi à l'eau doit se faire par l'intermédiaire d'une tôle dont le contact avec le réfractaire doit être permanence assuré. En réalité, les revêtements réfractaires des fours électriques peuvent subir des dilatations et des déformations importantes en service de telle sorte que ce contact tôle-réfractaire ne peut pas être garanti pour de longues durées et que la protection des parois est donc aléatoire.



On a également proposé les dispositifs décrits dans le brevet US n°3,849,587 suivant lequel on loge, dans la maçonnerie des parois latérales du four, des membres refroidissants solides, constitués d'un matériau à haute conductibilité thermique, tel que le cuivre, de façon à extraire un flux calorifique suffisant pour limiter l'érosion du revêtement réfractaire. Ces dispositifs présentent divers inconvénients. Comme ils sont logés dans un revêtement réfractaire de propriétés thermiques différentes des leurs, ils sont mécaniquement vulnérables, parce qu'ils peuvent être endommagés par des efforts de cisaillement résultant de dilatations différentielles lors de la mise en service et durant le fonctionnement du four. En deuxième lieu, il est difficile de prévoir à quel niveau la scorie surchauffée aura l'action corrosive la plus intense, de telle sorte que ces dispositifs ne sont pas toujours logés à l'endroit optimal dans le revêtement ou sont éventuellement soumis à des flux calorifiques plus intenses que ceux pour lesquels ils avaient été dimensionnés. De plus, les flux calorifiques que transfèrent ces dispositifs sont extrêmement élevés et peuvent atteindre des valeurs de l'ordre de 200 kW/m<sup>2</sup>. A ce niveau commencent à surgir des difficultés pour transférer ces flux calorifiques à un milieu refroidissant extérieur, tel que de l'eau, étant donné que la surface d'échange risque de s'élever à des températures supérieures au point d'ébullition de l'eau. Une extraction de la chaleur par de l'air est, en principe, possible mais se heurte à des problèmes de réalisation pratique qui réduisent fortement la sécurité de fonctionnement de ces dispositifs.

D'une manière générale, les solutions proposées jusqu'ici au problème s'orientent vers la protection des parois latérales par formation d'une couche de scorie solidifiée contre leur surface intérieure, obtenue en tolérant des flux calorifiques élevés à travers la paroi, mais elles se heurtent à deux difficultés majeures :


- la réalisation de parois hautement conductrices dont la stabilité mécanique soit suffisante

- l'extraction des flux calorifiques à la surface extérieure; avec l'eau, il y a un problème de contact entre l'eau et la paroi; avec l'air, l'échange thermique est insuffisant ou, en tout cas, difficile à contrôler.

La présente invention a pour objectif de remédier à ces divers inconvénients. Elle consiste à protéger les parois latérales par formation d'une couche de scorie solidifiée contre leur surface intérieure, en réalisant ces parois, au niveau de la scorie, en un matériau métallique massif et en extrayant le flux calorifique, que la scorie liquide contenue dans le four force à travers ce matériau métallique massif, en refroidissant sa partie extérieure.

Il a été découvert par la Demanderesse qu'entre la scorie liquide contenue dans le four et la scorie solide que l'on dépose contre la paroi, s'établit un flux calorifique dont la valeur est proportionnelle à la surchauffe de la scorie, le coefficient de proportionnalité étant, en moyenne, de l'ordre de  $100 \text{ W/m}^2\text{°C}$ . Si donc on réalise des surchauffes de scorie de  $100\text{°C}$ , il en résulte que le flux calorifique que la scorie liquide force à travers une paroi couverte de scorie solidifiée sera, en moyenne, de l'ordre de  $10 \text{ kW/m}^2$ . Si la surchauffe est de  $250\text{°C}$ , le flux calorifique sera, en moyenne, de l'ordre de  $25 \text{ kW/m}^2$ .

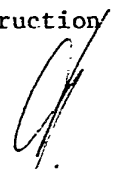
De tels flux calorifiques peuvent être extraits à la partie extérieure d'un matériau métallique massif par circulation d'un fluide refroidissant liquide ou gazeux, tel que l'eau ou l'air. Dans le cas d'une circulation d'eau, la réalisation la plus simple consiste à asperger la surface extérieure du matériau métallique massif de telle façon qu'il s'y écoule en permanence un film d'eau. On obtient ainsi des coefficients de transfert calorifique entre le métal et l'eau qui sont au moins égaux à  $500 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , de telle sorte que, par exemple, avec un flux calorifique de  $25 \text{ kW/m}^2$ , la différence de température entre l'eau et le métal ne dépasse pas une valeur de  $25.000/500 = 50\text{°C}$ . En maintenant la température de l'eau alimentée dans le système à une valeur inférieure à  $50\text{°C}$ , on évite donc que le métal atteigne la température de  $100\text{°C}$ , à partir de laquelle peuvent apparaître des problèmes de transmission calorifique, du fait des possibilités de vaporisation de l'eau.



Alternativement, on peut également envisager que la circulation d'eau se fasse dans des conduits aménagés à l'intérieur du matériau métallique massif. Dans ce cas, il est également possible, moyennant une vitesse de circulation suffisante de l'eau dans les conduits, de réaliser des coefficients de transfert calorifique tels que l'on évite que le métal atteigne une température de 100°C.

Dans le cas d'une extraction des flux calorifiques par circulation d'air, il est indiqué, pour des flux calorifiques de l'ordre de 10 à 25 kW/m<sup>2</sup>, d'augmenter la surface d'échange entre l'air et le métal de façon à ce que le flux à extraire soit ramené à une valeur inférieure à environ 5 kW/m<sup>2</sup>. Ce résultat peut être atteint par la réalisation d'une surface gaufrée ou ailettée, le gaufrage ou les ailettes étant normalement constituées du même métal que le matériau métallique massif. Moyennant une vitesse de circulation de l'air contre la paroi de l'ordre de 1 m/sec, on obtient des coefficients de transfert calorifique entre le métal et l'air qui sont au moins égaux à 25 W/m<sup>2</sup>°C, de telle sorte que, par exemple, avec un flux calorifique de 25 kW/m<sup>2</sup>, ramené à 5 kW/m<sup>2</sup> en multipliant la surface d'échange par 5, la différence de température entre l'air et le métal ne dépasse pas une valeur de  $5.000/25 = 200^{\circ}\text{C}$ .

L'épaisseur du matériau métallique massif doit être suffisante pour assurer la stabilité mécanique de l'ensemble de la construction du four; elle doit, en particulier, être suffisante pour maintenir en place les briques d'extrémité de la sole du four, qui est généralement réalisée en arche inversée. De plus, il faut une épaisseur suffisante pour absorber les pointes locales de flux calorifique, aux endroits où l'action corrosive de la scorie surchauffée est la plus intense, de telle façon que ces pointes soient atténuées par un élargissement des lignes de flux à mesure que la chaleur traverse la paroi, et que le flux calorifique à la surface extérieure soit pratiquement uniformisé et égal aux valeurs moyennes définies plus haut. Pour réaliser ces deux objectifs, une épaisseur minimum de 20 cm peut être considérée comme indispensable. Elle doit être d'autant plus élevée que le four est plus grand et que sa construction devient



plus massive. L'inconvénient d'une grande épaisseur est que le gradient de température dans le matériau métallique s'accroît et que l'on atteint donc des températures de plus en plus élevées à la surface intérieure, en contact avec la scorie solidifiée. En pratique, une épaisseur de 120 cm ne semble pas devoir être dépassée pour la construction des plus gros fours.

Le métal constituant le matériau métallique massif sera de préférence un métal courant, de faible coût, tel que le fer, l'acier, le cuivre ou l'aluminium, ou un alliage à base de tels métaux. Le choix du métal est cependant une fonction du flux calorifique qui doit être transféré à travers la paroi, de l'épaisseur de la paroi et de la température qui est atteinte à sa surface extérieure. Ces trois facteurs définissent la température qui sera atteinte à la surface intérieure du métal, au contact avec la scorie solidifiée; cette température ne peut pas dépasser celle correspondant à la limite de résistance mécanique du métal. A ce point de vue, l'acier, dont la conductibilité thermique est de 50 W/m°C, est généralement satisfaisant. Par exemple, avec une surchauffe de scorie de 100°C, à laquelle correspond un flux calorifique à travers la paroi de l'ordre de 10 kW/m<sup>2</sup>, et avec une épaisseur de paroi de 0,4 m, le gradient de température dans le métal sera égal à  $10.000 \times 0,4/50 = 80^\circ\text{C}$ . Si la surface extérieure est refroidie à l'eau de telle façon que sa température ne dépasse pas 100°C, la température de la surface intérieure ne dépassera donc pas 180°C, ce qui est compatible avec des propriétés mécaniques suffisantes de l'acier.

Dans des conditions plus sévères de transfert calorifique, il peut être indiqué de faire appel au cuivre ou à l'aluminium, dont les conductibilités thermiques sont nettement plus élevées que celle de l'acier, et qui donneront donc des températures plus basses à la surface intérieure du métal. D'une manière générale, cette température peut être déterminée par la relation suivante :

$$\phi = 100 \times \Delta T_{\text{scor}} = \frac{1}{(1/h + e/\lambda)} (T_{i,\text{met}} - T_{\text{fluide}})$$

dans laquelle  $\phi$  = flux calorifique à travers la paroi, en W/m<sup>2</sup>

$$\Delta T_{\text{scor}} = \text{surchauffe scorie, en } ^\circ\text{C}$$

$h$  = coefficient de transfert calorifique du fluide refroidissant à la surface extérieure, en  $W/m^2°C$

$e$  = épaisseur du métal, en m

$\lambda$  = conductibilité thermique du métal, en  $W/m°C$

$T_{i,met}$  = température à la surface intérieure du métal, en  $°C$

$T_{fluide}$  = température du fluide refroidissant la surface extérieure, en  $°C$

dont on déduit :

$$T_{i,met} = [100 \times \Delta T_{scor} \times (1/h + e/\lambda)] + T_{fluide}$$

Le dispositif de l'invention et ses avantages sont illustrés de manière plus précise par l'exemple suivant. Pour un four électrique de dimensions intérieures largeur 4 m x longueur 14 m, contenant de la scorie à  $1350°C$ , dont le point de fusion est de  $1100°C$ , on réalise la paroi latérale, sur la hauteur du niveau de scorie, égale à 80 cm, en blocs massifs de cuivre (dont la conductibilité thermique est de  $400 W/m°C$ ) d'une épaisseur de 40 cm. Ces blocs sont refroidis à leur surface extérieure par une aspersion d'eau à  $40°C$ , assurant un coefficient de transfert calorifique de  $1000 W/m^2°C$ .

La surchauffe de la scorie est de  $250°C$  et le flux calorifique moyen traversant la paroi sera donc de l'ordre de  $25 kW/m^2$ . Dans ces conditions, il s'établit entre l'eau et la scorie liquide contenue dans le four, un gradient de température représenté à la figure en annexe. Ce gradient peut être calculé par les relations suivantes :

- à la surface extérieure du métal, la température est donnée par :

$$25.000 = 1.000 (T - 40) , \text{ d'où } T = 65°C$$

suivant la formule  $\phi = h \Delta T$

ou  $\phi$  = flux calorifique, en  $W/m^2$

$h$  = coefficient de transfert calorifique, en  $W/m^2°C$

$\Delta T$  = différence de température entre le métal et l'eau, en  $°C$

- à la surface intérieure du métal, la température est donnée par :

$$25.000 = \frac{400}{0,4} (T - 65), \text{ d'où } T = 90^{\circ}\text{C}$$

suivant la formule  $\phi = \frac{\lambda}{e} \Delta T$

où  $\phi$  = flux calorifique, en W/m<sup>2</sup>

$\lambda$  = conductibilité thermique, en W/m°C

$e$  = épaisseur du métal, en mètres

$\Delta T$  = gradient de température dans le métal, en °C

Ces conditions permettent de former, contre la surface extérieure du métal, une couche de scorie solidifiée dont l'épaisseur moyenne est de l'ordre de 10 cm.



## REVENDICATIONS

---

1. Procédé pour maintenir une couche protectrice constituée de scorie solidifiée contre la surface intérieure de la paroi latérale d'un four électrique contenant des scories à une température sensiblement supérieure à leur température de fusion, suivant lequel on extrait le flux calorifique que la scorie liquide contenue dans le four force à travers ladite paroi latérale en refroidissant la partie extérieure de cette paroi, caractérisé en ce qu'on réalise ladite paroi en un matériau métallique massif.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la température de la scorie liquide dépasse d'au moins 50°C sa température de fusion.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on utilise de l'eau pour refroidir la partie extérieure de ladite paroi.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on asperge la surface extérieure de ladite paroi avec de l'eau.
5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on aménage des conduits à l'intérieur de ladite paroi et on y fait circuler de l'eau.
6. Procédé selon la revendication 3, 4 ou 5, caractérisé en ce qu'on réalise un coefficient de transfert calorifique entre l'eau et la paroi d'au moins 500 W/m<sup>2</sup>°C.
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'on limite la température à la surface du métal en contact avec l'eau à une valeur inférieure à 100°C.
8. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on utilise l'air pour refroidir la partie extérieure de ladite paroi.
9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'on augmente le coefficient d'échange entre l'air et le métal de façon à ce que le flux calorifique extraire soit inférieur à environ 5 kW/m<sup>2</sup>.

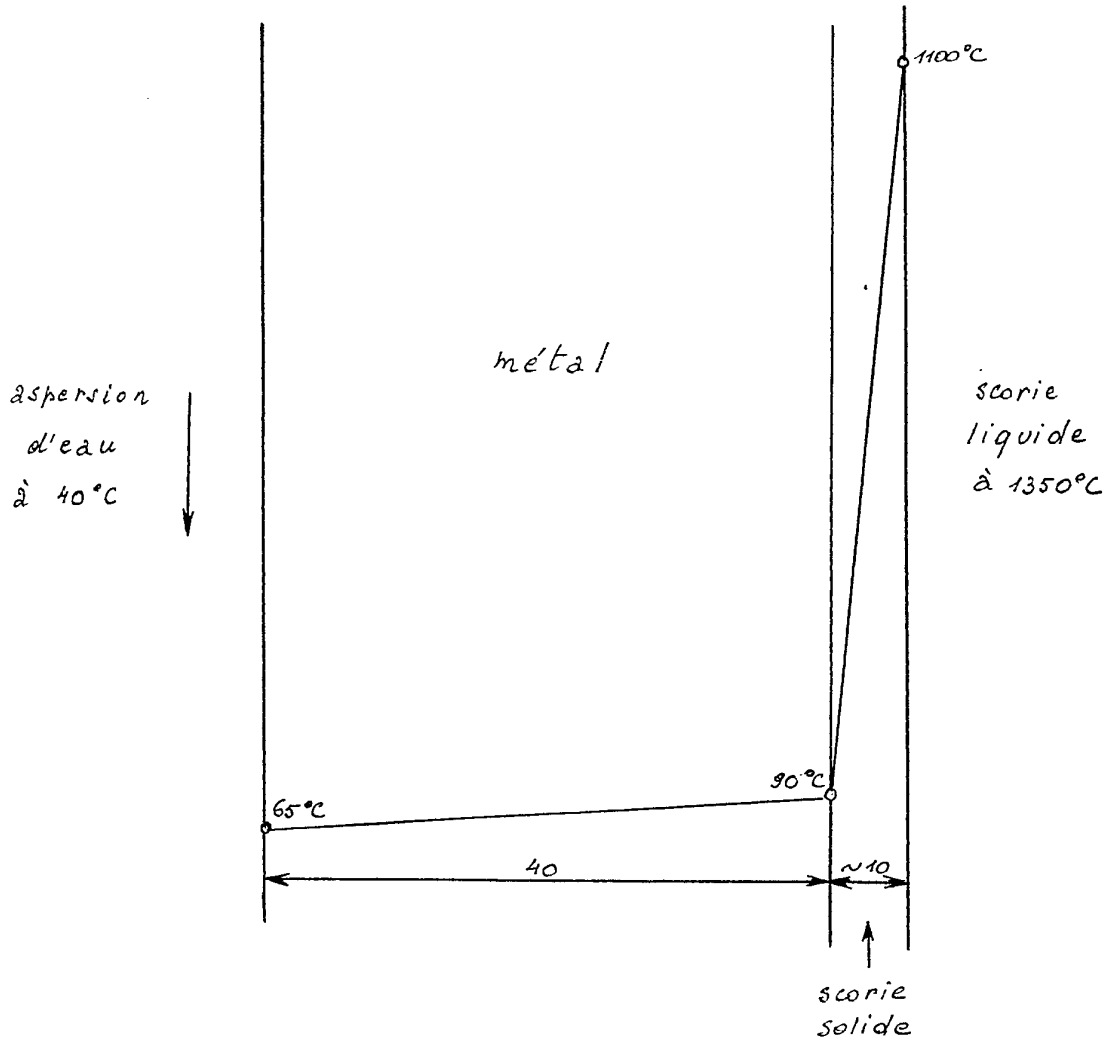
10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'on réalise un coefficient de transfert calorifique entre l'air et la paroi d'au moins  $25 \text{ W/m}^2\text{°C}$ .
11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'on limite la température à la surface du métal en contact avec l'air à une valeur égale ou inférieure à  $200\text{°C}$ .
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'épaisseur de ladite paroi est comprise entre environ 20 et environ 120 cm.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on réalise ladite paroi en fer, cuivre, aluminium ou un alliage à base de ces métaux.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on opère dans des conditions telles que la température à la surface de ladite paroi en contact avec la scorie solidifiée soit inférieure à celle à laquelle les propriétés mécaniques du métal se détériorent.

Dessins : 1 planches  
10 pages dont 1 page de garde  
7 pages de description  
2 pages de revendications  
1 abrégé descriptif

Luxembourg, le 10 1950

Le rédacteur :

  
Charles Munchen



Charles Minchen.