(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 543 170 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
05.12.2007 Bulletin 2007/49

(21) Numéro de dépôt: **03712227.2**

(22) Date de dépôt: **09.01.2003**

(51) Int Cl.:
C21D 1/613 *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2003/000053

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2004/027098 (01.04.2004 Gazette 2004/14)

(54) PROCEDE DE REFROIDISSEMENT RAPIDE DE PIECES PAR TRANSFERT CONVECTIF ET RADIATIF

VERFAHREN ZUM SCHNELLEN ABKÜHLEN VON WERKSTÜCKEN DURCH KONVEKTIVER UND STRAHLUNGS-ÜBERTRAGUNG

RAPID COOLING METHOD FOR PARTS BY CONVECTIVE AND RADIATIVE TRANSFER

(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 SE SI SK TR

(30) Priorité: **20.09.2002 FR 0211680**

(43) Date de publication de la demande:
22.06.2005 Bulletin 2005/25

(73) Titulaires:
- **L'AIR LIQUIDE, Société Anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude 75007 Paris (FR)**
- **ETUDES ET CONSTRUCTIONS MECANIQUES 38100 Grenoble (FR)**

(72) Inventeurs:
- **DOMERGUE, Didier F-91120 Palaiseau (FR)**
- **CHAFFOTTE, Florent F-92320 Chatillon (FR)**
- **GOLDSTEINAS, Aymeric F-38340 Voreppe (FR)**
- **PELISSIER, Laurent F-38430 Saint Jean de Moirans (FR)**

(74) Mandataire: **Mellul-Bendelac, Sylvie Lisette et al L'Air Liquide, Service Propriété Intellectuelle, 75, Quai d'Orsay 75321 Paris Cedex 07 (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A- 0 562 250
EP-A- 0 869 189
EP-A- 1 050 592
EP-A- 1 211 329
WO-A-02/44430

- **PREISSER F ET AL: "HOCHDRUCK-GASABSCHRECKEN VON EINSATZ- UND VERGUETUNGSSTAEHLEN IN KALTEN KAMMERN" HAERTEREI TECHNISCHE MITTEILUNGEN, CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN, DE, vol. 52, no. 5, 1 septembre 1997 (1997-09-01), pages 264-270, XP000702332 ISSN: 0341-101X**
- **HOFFMANN R ET AL: "MOEGLICHKEITEN UND GRENZEN DER GASABKUEHLUNG" HAERTEREI TECHNISCHE MITTEILUNGEN, CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN, DE, vol. 47, no. 2, 1 mars 1992 (1992-03-01), pages 112-122, XP000267300 ISSN: 0341-101X**

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

EP 1 543 170 B1

Description

[0001] La présente invention vise de façon générale le traitement thermique des métaux et plus particulièrement l'opération de trempe gazeuse de pièces en acier ayant subi au préalable un traitement thermique (tel chauffage avant trempe, recuit, revenu) ou thermochimique (tel cémentation, carbonitruration). De telles trempes gazeuses sont généralement réalisées en faisant circuler un gaz sous pression en circuit fermé entre une charge et un circuit de refroidissement. Pour des raisons pratiques, les installations de trempe au gaz fonctionnent généralement sous des pressions comprises entre quatre et vingt fois la pression atmosphérique (4 à 20 bars ou 4000 à 20000 hectopascals). Pour désigner la pression, on utilisera dans la présente description comme unité le bar, étant entendu qu'un bar est égal à 1000 hPa.

[0002] La figure 1 représente de façon très schématique un exemple d'installation de trempe gazeuse. Cette installation 1 contient une charge 2 à refroidir disposée dans une enceinte étanche 3. La charge est typiquement entourée de plaques de déflection 4 pour guider la circulation de gaz. Une entrée de gaz 5 permet d'introduire sous pression un mélange gazeux souhaité étant entendu que l'on peut par exemple introduire les gaz de refroidissement sous forme d'un mélange pré-formé ou que l'on peut prévoir plusieurs entrées de gaz distinctes pour introduire séparément divers gaz de refroidissement. Il est couramment prévu un accès de mise sous vide de l'enceinte (non représenté). Une turbine 6 actionnée par un moteur 7 permet d'assurer la circulation des gaz, par exemple en passant d'un circuit de refroidissement 9 vers la charge à refroidir 2. Le circuit de refroidissement 9 est couramment constitué de tuyaux dans lesquels circule un fluide de refroidissement.

[0003] L'installation de la figure 1 n'a été représentée qu'à titre d'exemple de l'une de nombreuses structures possibles et existantes pour assurer la circulation d'un gaz de refroidissement dans une enceinte. De façon classique, la pression est de l'ordre de 4 à 20 bars pendant la phase de refroidissement. De nombreuses variantes sont possibles, quant à la disposition de la charge, au sens de circulation des gaz et au mode de mise en circulation de ces gaz.

[0004] Pour des raisons pratiques, le gaz le plus couramment utilisé pour assurer le refroidissement est l'azote étant donné qu'il s'agit d'un gaz inerte et peu coûteux. En outre, sa densité est bien adaptée à des installations simples à soufflantes ou turbines et son coefficient de transfert thermique est suffisamment satisfaisant. En effet, il est connu, dans les systèmes de trempe gazeuse, que la descente en température doit être la plus rapide possible pour que la transformation de l'acier se fasse de façon satisfaisante de la phase austénitique à la phase martensitique sans passer par des phases perlitique et/ou bainitique.

[0005] Toutefois, on s'aperçoit que dans certains cas critiques, les installations de trempe à l'azote ne permettent pas d'obtenir une vitesse de décroissance en température suffisante. On a donc essayé des trempes à l'hydrogène ou à l'hélium. Un inconvénient de l'utilisation de ces gaz est que les installations existantes, dimensionnées pour la trempe sous azote, en particulier en ce qui concerne la puissance de ventilation, ne sont pas optimisées pour l'utilisation de gaz de densité sensiblement différente. En outre, l'hélium est un gaz sensiblement plus coûteux que l'azote, tandis que l'hydrogène présente des risques d'inflammabilité et son utilisation nécessite de prendre des précautions particulières.

[0006] Il faut d'ailleurs souligner que toutes ces approches antérieures (telles celles recommandant l'utilisation d'hydrogène ou d'hélium) étaient basées sur une recherche d'amélioration du seul transfert convectif au sein de la chambre de traitement.

[0007] Pour illustrer l'art antérieur, on peut également citer l'approche particulière du document EP-1 050 592, qui prévoit la présence de gaz tels CO_2 ou NH_3 dans le gaz de trempe, mais en ne notant pas d'amélioration supplémentaire dans l'efficacité de trempe par rapport aux mélanges inertes déjà pratiqués, l'utilité de leur présence étant surtout liée d'après le document à deux aspects, d'une part l'obtention simultanée d'effets thermochimiques (oxydation, nitruration etc. ...) ce que l'on conçoit et d'autre part l'intégration physique facilité dans un procédé global de traitement thermique (eux : dans un procédé de cémentation) puisque la trempe en aval peut alors utiliser les même gaz que le traitement proprement dit situé en amont.

[0008] On peut également citer le cas du document EP-1 211 329 où incidemment CO_2 ou CO sont présents, mais sans qu'aucune considération volontariste ou recherche d'optimisation des coefficients de transfert ne soit effectuée.

[0009] Toujours dans le domaine du CO_2, on pourra également se reporter aux deux documents suivants où lorsque CO_2 est évoqué dans des opérations de trempe c'est dans une toute autre application (par exemple en plasturgie comme dans le document WO 00/07790) ou encore sous forme liquide comme dans le document WO 97/15420.

[0010] Dans ce contexte un des objets de la présente invention est de prévoir un procédé de trempe utilisant un gaz de refroidissement thermiquement plus efficace que l'azote mais qui soit peu coûteux et simple à utiliser, permettant d'assurer le refroidissement des matériaux les plus exigeants.

[0011] Un autre objet de la présente invention est de prévoir un procédé de refroidissement utilisant un gaz compatible avec les installations existantes fonctionnant actuellement à l'azote (et donc ne nécessitant aucune modification significative d'installation).

[0012] Pour atteindre ces objets, la présente invention prévoit, dans un procédé de refroidissement rapide de pièces métalliques à l'aide d'un gaz dé refroidissement sous pression, l'utilisation d'un gaz de refroidissement qui comprend un ou plusieurs gaz absorbant le rayon-

nement infra-rouge conformément à la revendication 1 ci-après.

[0013] On conçoit que la notion d' « amélioration par rapport aux conditions traditionnelles de refroidissement sous azote » doit s'entendre selon l'invention comme comparant des conditions identiques de pression, température ou encore installation de trempe.

[0014] Le procédé selon l'invention pourra par ailleurs adopter l'une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivante :

- le gaz de refroidissement comprend en outre un gaz complémentaire.
- la composition du gaz de refroidissement est ajustée également de façon à optimiser le coefficient de transfert convectif par rapport aux coefficients de transfert convectif de chacun des constituants du gaz de refroidissement pris individuellement.
- l'opération de refroidissement est menée au sein d'une enceinte où sont disposées les pièces à traiter, munie d'un système d'agitation de gaz, et la composition du gaz de refroidissement est ajustée de façon à obtenir une densité moyenne du gaz de refroidissement ainsi constitué qui soit adaptée audit système d'agitation de l'enceinte , sans qu'il soit nécessaire d'y apporter des modifications significatives.
- la composition du gaz de refroidissement est ajustée également de façon à ce qu'il puisse se produire, durant la phase de refroidissement des pièces, des réactions chimiques endothermiques entre le ou un des gaz absorbant et un autre des constituants du gaz de refroidissement.
- ledit gaz absorbant le rayonnement infra-rouge est le CO_2.
- ledit gaz absorbant le rayonnement infra-rouge est choisi dans le groupe formé des hydrocarbures saturés ou insaturés, de CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2 et leurs mélanges.
- le gaz de refroidissement est un mélange binaire CO_2-He, dont la teneur en CO_2 est comprise entre 30 et 80%.
- le gaz de refroidissement est un mélange binaire CO_2-H_2, dont la teneur en CO_2 est comprise entre 30 et 60%.
- on effectue une opération de recyclage du gaz de refroidissement après usage, apte à re-comprimer le gaz avant une utilisation ultérieure, et le cas échéant également à séparer et/ou épurer pour ainsi récupérer tout ou partie des constituants du gaz de refroidissement.

[0015] L'invention concerne également l'utilisation dans une installation de refroidissement rapide de pièces métalliques à l'aide d'un gaz de refroidissement sous pression, d'un gaz de refroidissement comprenant de 20 à 80% d'un gaz absorbant le rayonnement infra-rouge et de 80 à 20% d'hydrogène ou d'hélium ou de leurs mélanges, telle que revendiquée en revendication 11 ci-après.

[0016] Comme on l'aura compris les notions selon l'invention de « choix » du ou des gaz absorbant, ou encore d' « ajustement » pour atteindre des propriétés souhaitées de coefficient de transfert, ou de densité ou encore de caractère endothermique, doit s'entendre comme concernant la nature des constituants du mélange et/ou leur teneur dans ce mélange.

[0017] C'est donc le mérite de la présente invention de s'être démarquée de l'approche traditionnelle de l'art antérieur d'amélioration simple des conditions de transfert convectif, pour se rendre compte que la part du transfert radiatif dans le transfert thermique global est située entre environ 7 et 10% (dans la gamme allant de 400 à 1050 °C), donc très significative, et qu'il était donc tout à fait avantageux de s'intéresser à cet aspect du transfert pour le prendre en compte et l'exploiter.

[0018] Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

- la figure 1, décrite précédemment, représente un exemple d'installation de trempe au gaz ;
- les figures 2A et 2B représentent le coefficient de transfert thermique convectif de différents mélanges de gaz à diverses pressions, dans le cas d'un fluide en écoulement parallèle entre des cylindres; et
- la figure 3 représente des courbes de variation de température en fonction du temps pour divers gaz de trempe utilisés dans les mêmes conditions.

[0019] Selon la présente invention, on propose d'utiliser comme gaz de trempe un gaz absorbant le rayonnement infra-rouge ou un mélange à base de tels gaz absorbant le rayonnement infra-rouge (ci-après désigné par gaz absorbant), tel que le dioxyde de carbone (CO_2), et additionné d'un ou de plusieurs gaz présentant une bonne aptitude au transfert de chaleur convectif (ci-après désigné par gaz additif) choisi parmi l'hélium ou l'hydrogène.

[0020] Un tel mélange présente l'avantage, par rapport aux gaz ou mélanges de gaz de trempe traditionnels utilisant des gaz transparents aux rayonnements infra-rouges, comme l'azote, l'hydrogène, et l'hélium, d'absorber de la chaleur à la fois par phénomènes convectif et radiatif, augmentant ainsi le flux de chaleur global extrait d'une charge à refroidir.

[0021] On peut éventuellement ajouter à ce mélange, d'autres gaz, ci-après désignés par gaz complémentaire, tel que l'azote, envisagé aussi bien comme simple gaz porteur que dans un rôle plus actif permettant comme on le verra plus loin d'optimiser les propriétés du mélange de gaz comme la densité, la conductivité thermique, la viscosité etc..

[0022] Selon un des modes de réalisation de la présente invention, tel qu'illustré en figures 2A et 2B, on

propose d'utiliser certains mélanges de gaz tels que définis ci-dessus, qui présentent en outre de meilleurs coefficients de transfert thermique convectif (k_H) en Watt par mètre carré et par Kelvin que chacun des gaz pris séparément. Comme on l'a vu précédemment en effet, selon un des modes avantageux de mise en oeuvre de l'invention, on va ajuster la composition du gaz de refroidissement de façon à « optimiser » le coefficient de transfert convectif par rapport aux coefficients de transfert convectif de chacun des constituants du gaz de refroidissement pris individuellement. On doit entendre alors par « optimisation » ici le fait de se situer au maximum de la courbe considérée, ou bien plus bas (par exemple pour des raisons économique) mais en tout état de cause de façon à disposer d'un coefficient de transfert convectif qui soit meilleur que chacun des coefficients de transfert convectif de chacun des constituants du gaz de refroidissement pris individuellement.

[0023] Selon un autre mode avantageux de mise en oeuvre de la présente invention, il est proposé d'utiliser un mélange de gaz absorbant (et le cas échéant de gaz additif), avec éventuellement l'ajout de gaz complémentaires, dans des conditions optimisées de densité telles que l'on peut effectuer une trempe dans des installations de trempe habituellement prévues et optimisées pour fonctionner en présence d'azote. Pour cela, on mélange par exemple au dioxyde de carbone de l'hélium, pris comme gaz additif, de telle sorte à combiner une optimisation du coefficient de transfert de chaleur par convection et une densité moyenne du mélange qui soit du même ordre de grandeur que celle de l'azote. On peut alors utiliser les installations existantes avec des vitesses et puissances de ventilation comparables et les structures de ventilation et de déflection de gaz existantes, sans avoir à apporter de modifications significatives à l'installation.

[0024] Ceci présente l'avantage que, dans une installation donnée, optimisée pour une trempe à l'azote, l'utilisateur pourra, en temps normal, quand cela convient aux matériaux envisagés, utiliser l'azote comme gaz de trempe et, seulement dans des cas particuliers des matériaux plus exigeants, i.e quand les conditions spécifiques des pièces ou des aciers à traiter nécessitent des traitements particuliers, utiliser par exemple le mélange de dioxyde de carbone et d'hélium donné en exemple ou encore le mélange de dioxyde de carbone et d'hydrogène également exemplifié ici.

[0025] Bien entendu comme il apparaîtra clairement à l'homme du métier, si l'invention a tout particulièrement été illustrée dans ce qui précède à l'aide du CO_2, d'autres gaz absorbant le rayonnement IR sont également envisageables ici sans sortir à aucun moment du cadre de la présente invention tels les hydrocarbures saturés ou insaturés, CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2 et leurs mélanges.

[0026] La figure 2A représente, pour des pressions de 5, 10 et 20 bars, le coefficient de transfert thermique convectif k_H d'un mélange de CO_2 et d'hélium, pour diverses proportions de CO_2 dans le mélange. Ainsi, les abscisses donnent le rapport entre la concentration de CO_2, $c(CO_2)$, et la concentration totale de CO_2 et He, $c(CO_2+He)$. On s'aperçoit que le coefficient de transfert thermique convectif présente un maximum pour des valeurs de concentration de CO_2 comprises entre environ 40 et 70%, en l'occurrence d'environ 650 $W/m^2/K$ à 20 bars pour une concentration de l'ordre de 60%. Ainsi, le mélange présente non seulement l'avantage d'avoir une densité voisine de celle de l'azote mais en plus de présenter un coefficient de transfert thermique convectif plus élevé que celui de CO_2 pur.

[0027] La figure 2B représente des courbes similaires pour des mélanges de dioxyde de carbone (CO_2) et d'hydrogène (H_2). On s'aperçoit que l'on a un maximum du coefficient de transfert thermique convectif k_H pour des valeurs de concentration de CO_2 comprises entre environ 30 à 50%, en l'occurrence d'environ 850 $W/m^2/K$ à 20 bars pour une concentration de l'ordre de 40%. En outre, on note que le coefficient de transfert thermique convectif k_H est meilleur pour un mélange de dioxyde de carbone et d'hydrogène que pour un mélange de CO_2 et d'hélium.

[0028] Un autre avantage de l'utilisation d'un tel mélange de dioxyde de carbone et d'hydrogène est que, dans les conditions usuelles de trempe de pièces en acier, il se produit des réactions chimiques endothermiques entre le CO_2 et l'hydrogène, ce qui contribue encore à la rapidité du refroidissement. Par ailleurs, on constate que, en présence de CO_2 le risque d'explosion lié à l'hydrogène est sensiblement réduit, même s'il se produit une introduction malencontreuse d'oxygène.

[0029] La figure 3 illustre le résultat de calculs simulant le refroidissement par transfert convectif d'un cylindre en acier avec divers gaz de refroidissement dans le cas de l'écoulement du mélange parallèlement à la longueur des cylindres (cylindres simulant le cas de pièces allongées). On a représenté des courbes pour l'azote pur (N_2), pour un mélange à 60% de CO_2 et 40% d'hélium, pour de l'hydrogène pur, et pour un mélange à 40% de CO_2 et 60% d'hydrogène. On constate que c'est ce dernier mélange qui donne les meilleurs résultats, c'est-à-dire la plus grande vitesse de refroidissement entre 850 et 500°C. Pour ce dernier mélange, l'amélioration de la vitesse de trempe est de l'ordre de 20% par rapport à l'hydrogène seul et de l'ordre de 100% par rapport à l'azote seul.

[0030] Bien entendu, comme déjà souligné précédemment, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme du métier, notamment en ce qui concerne le choix des gaz, l'optimisation des proportions de chaque gaz, étant entendu que l'on pourra si on le souhaite utiliser des mélanges ternaires tels CO_2-H_e-H_2 et que l'on pourra éventuellement rajouter d'autres gaz, appelés plus haut gaz complémentaires.

Revendications

1. Procédé de refroidissement rapide de pièces métalliques à l'aide d'un gaz de refroidissement sous pression, procédé dans lequel on met en oeuvre les mesures suivantes:

   - le gaz de refroidissement comprend une teneur comprise entre 5% et 80% en volume, préférentiellement entre 20% et 80% en volume , de un ou plusieurs gaz absorbant le rayonnement infra-rouge, choisi(s) dans le groupe formé des hydrocarbures saturés ou insaturés, de CO_2, CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2, et leurs mélanges, de façon à améliorer le transfert thermique à la pièce en conjuguant les phénomènes de transferts radiatif et convectif, et de façon à améliorer le coefficient de transfert convectif par rapport aux conditions traditionnelles de refroidissement sous azote;
   - le gaz de refroidissement comprend également un gaz additif présentant une bonne aptitude au transfert de chaleur convectif choisi parmi l'hélium ou l'hydrogène ou leurs mélanges;

   la composition du gaz de refroidissement étant ajustée également de façon à obtenir une densité moyenne du gaz de refroidissement ainsi constitué qui soit voisine de celle de l'azote.

2. Procédé de refroidissement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le gaz de refroidissement comprend en outre un gaz complémentaire.

3. Procédé de refroidissement selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la composition du gaz de refroidissement est ajustée également de façon à optimiser le coefficient de transfert convectif par rapport aux coefficients de transfert convectif de chacun des constituants du gaz de refroidissement pris individuellement.

4. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'opération de refroidissement est menée au sein d'une enceinte où sont disposées les pièces à traiter, munie d'un système d'agitation de gaz, et **en ce que** ledit ajustement permettant d'obtenir une densité moyenne du gaz de refroidissement ainsi constitué qui soit voisine de celle de l'azote permet d' obtenir une densité moyenne du gaz de refroidissement ainsi constitué qui soit adaptée audit système d'agitation de l'enceinte , sans qu'il soit nécessaire d'y apporter des modifications significatives.

5. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la composition du gaz de refroidissement est ajustée également de façon à ce qu'il puisse se produire, durant la phase de refroidissement des pièces, des réactions chimiques endothermiques entre le ou un des gaz absorbant et un autre des constituants du gaz de refroidissement.

6. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit gaz absorbant le rayonnement infra-rouge est le CO_2.

7. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** ledit gaz absorbant le rayonnement infra-rouge est choisi dans le groupe formé des hydrocarbures saturés ou insaturés, de CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2, et leurs mélanges.

8. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le gaz de refroidissement est un mélange binaire CO_2-He, dont la teneur en CO_2 est comprise entre 30 et 80 %.

9. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le gaz de refroidissement est un mélange binaire CO_2-H_2, dont la teneur en CO_2 est comprise entre 30 et 60 %.

10. Procédé de refroidissement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on effectue une opération de recyclage du gaz de refroidissement après usage, apte à re-comprimer le gaz avant une utilisation ultérieure, et le cas échéant également à séparer et/ou épurer pour ainsi récupérer tout ou partie des constituants du gaz de refroidissement.

11. Utilisation dans une installation de refroidissement rapide de pièces métalliques à l'aide d'un gaz de refroidissement sous pression, installation munie d'un système d'agitation, d'un gaz de refroidissement comprenant de 20 à 80% d'un gaz absorbant le rayonnement infra-rouge choisi(s) dans le groupe formé des hydrocarbures saturés ou insaturés, de CO_2, CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2, et leurs mélanges, et comprenant de 80 à 20% d'hydrogène ou d'hélium ou de leurs mélanges, la composition du gaz de refroidissement étant ajustée pour obtenir une densité moyenne du gaz de refroidissement ainsi constitué qui soit voisine de celle de l'azote, permettant ainsi d'obtenir une densité moyenne du gaz de refroidissement ainsi constitué qui soit adaptée audit système d'agitation pour qu'il ne soit pas nécessaire d'apporter de modifications significatives à l'installation.

Claims

1. Method for rapidly cooling metal parts using a pressurized cooling gas, in which method the following measures are implemented:

   - the cooling gas comprises a content of between 5% and 80% by volume, preferably between 20% and 80% by volume, of one or a plurality of gases absorbing infrared radiation, selected from the group formed of saturated or unsaturated hydrocarbons, CO_2, CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2, and mixtures thereof, so as to improve the heat transfer to the part by combining radiative and convective heat transfer phenomena, and so as to improve the convective heat transfer coefficient in comparison with conventional conditions of cooling under nitrogen;
   - the cooling gas also comprises an additive gas having a good convective heat transfer capability, selected from helium or hydrogen or mixtures thereof;

   the composition of the cooling as being also adjusted so as to obtain an average density of the cooling gas thus produced which is close to that of nitrogen.

2. Cooling method according to Claim 1, **characterized in that** the cooling gas further comprises a supplementary gas.

3. Cooling method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the composition of the cooling gas is also adjusted so as to optimize the convective heat transfer coefficient in comparison with the convective heat transfer coefficients of each of the components of the cooling gas considered individually.

4. Cooling method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling operation is carried out in a vessel in which the parts to be treated are disposed, the vessel being equipped with a gas stirring system, and **in that** the said adjustment making it possible to obtain an average density of the cooling gas thus produced which is close to that of nitrogen makes it possible to obtain an average density of the cooling gas thus produced which is adapted to said stirring system of the vessel, without the need to make significant changes to said vessel.

5. Cooling method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the composition of the cooling gas is also adjusted so that, during the parts cooling phase, endothermic chemical reactions can occur between the absorbent gas or one of the absorbent gases and another of the components of the cooling gas.

6. Cooling method according to one of the preceding claims, **characterized in that** said infrared absorbing gas is CO_2.

7. Cooling method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** said infrared absorbing gas is selected from the group formed of saturated or unsaturated hydrocarbons, CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2, and mixtures thereof.

8. Cooling method according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the cooling gas is a binary CO_2/He mixture, of which the CO_2 content is between 30 and 80%.

9. Cooling method according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the cooling gas is a binary CO_2/H_2 mixture, of which the CO_2 content is between 30 and 60%.

10. Cooling method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an operation of recycling of the cooling gas is carried out after use, suitable for recompressing the gas before a subsequent use, and, as required, also for separating and/or purifying it, thereby to recover all or part of the components of the cooling gas.

11. Use, in an installation for rapidly cooling metal parts using a pressurized cooling gas, which installation is equipped with a stirring system, of a cooling gas comprising from 20 to 80% of an infrared absorbing gas, selected from the group formed of saturated or unsaturated hydrocarbons, CO_2, CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2, and mixtures thereof, and comprising from 80 to 20% of hydrogen or helium or mixtures thereof, the composition of the cooling gas being adjusted so as to obtain an average density of the cooling gas thus produced which is close to that of nitrogen, thus making it possible to obtain an average density of the cooling gas thus produced which is adapted to said stirring system so as to make significant changes to the installation unnecessary.

Patentansprüche

1. Verfahren zum schnellen Abkühlen von Metallteilen mit Hilfe eines unter Druck stehenden Kühlgases, wobei in dem Verfahren die folgenden Maßnahmen umgesetzt werden:

   - das Kühlgas umfasst einen Gehalt an einem oder mehreren Gasen von zwischen 5 Volumenprozent und 80 Volumenprozent, vorzugsweise zwischen 20 Volumenprozent und 80 Volumenprozent, das bzw. die Infrarotstrahlung absorbiert bzw. absorbieren und aus der Gruppe aus-

gewählt ist bzw. sind, die von gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffen, CO_2, CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2 und deren Gemischen gebildet wird, so dass die Wärmeübertragung zu dem Teil verbessert wird, indem die Phänomene der Strahlungs- und Konvektionsübertragung vereinigt werden, und so dass der Konvektionsübertragungskoeffizient in Bezug auf herkömmliche Kühlbedingungen unter Stickstoff verbessert wird;
- das Kühlgas umfasst ebenfalls ein Zusatzgas, das eine gute Eignung zur Konvektionswärmeübertragung aufweist und unter Helium oder Wasserstoff oder deren Gemischen ausgewählt ist;

wobei die Zusammensetzung des Kühlgases ebenfalls so eingestellt ist, dass eine mittlere Dichte des so gebildeten Kühlgases erhalten wird, die in der Nähe der jenigen von Stickstoff liegt.

2. Kühlverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlgas außerdem ein zusätzliches Gas umfasst.

3. Kühlverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung des Kühlgases ebenfalls so eingestellt ist, dass der Konvektionsübertragungskoeffizient in Bezug auf die Konvektionsübertragungskoeffizienten jedes der einzeln genommenen Bestandteile des Kühlgases verbessert wird.

4. Kühlverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlvorgang in einer Kammer durchgeführt wird, in der die zu behandelnden Teile angeordnet sind und die mit einem System zur Agitation von Gas versehen ist, und dadurch, dass die Einstellung ermöglicht, eine mittlere Dichte des so gebildeten Kühlgases zu erhalten, die in der Nähe der jenigen von Stickstoff liegt, was ermöglicht, eine mittlere Dichte des so gebildeten Kühlgases zu erhalten, die an das Agitationssystem der Kammer angepasst wird, ohne dass es erforderlich ist, bedeutende Modifikationen vorzunehmen.

5. Kühlverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung des Kühlgases ebenfalls so eingestellt ist, dass während der Phase der Kühlung der Teile endotherme chemische Reaktionen zwischen dem oder einem der absorbierenden Gase und einem anderen der Bestandteile des Kühlgases entstehen können.

6. Kühlverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Gas, das Infrarotstrahlung absorbiert, um CO_2 handelt.

7. Kühlverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gas, das Infrarotstrahlung absorbiert, aus der Gruppe ausgewählt ist, die von gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffen, CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2 und deren Gemischen gebildet wird.

8. Kühlverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Kühlgas um ein Zweistoffgemisch CO_2-He handelt, dessen CO_2-Gehalt zwischen 30 und 80 % liegt.

9. Kühlverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Kühlgas um ein Zweistoffgemisch CO_2-H_2 handelt, dessen CO_2-Gehalt zwischen 30 und 60 % liegt.

10. Kühlverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Arbeitsgang der Rückführung des Kühlgases nach Gebrauch ausgeführt wird, der dazu geeignet ist, das Gas vor einer späteren Verwendung erneut zu verdichten und gegebenenfalls ebenfalls zu trennen und/oder zu reinigen, um auf diese Weise alle oder einen Teil der Bestandteile des Kühlgases zurückzugewinnen.

11. Verwendung in einer Anlage zum schnellen Abkühlen von Metallteilen mit Hilfe eines unter Druck stehenden Kühlgases, wobei die Anlage mit einem System zur Agitation eines Kühlgases versehen ist, wobei das Kühlgas 20 bis 80 % eines Gases, das Infrarotstrahlung absorbiert und aus der Gruppe ausgewählt ist, die von gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffen, CO_2, CO, H_2O, NH_3, NO, N_2O, NO_2 und deren Gemischen gebildet wird, und 80 bis 20 % Wasserstoff oder Helium oder von deren Gemischen umfasst, wobei die Zusammensetzung des Kühlgases darauf eingestellt ist, eine mittlere Dichte des so gebildeten Kühlgases zu erhalten, die in der Nähe der jenigen von Stickstoff liegt, was somit ermöglicht, eine mittlere Dichte des so gebildeten Kühlgases zu erhalten, die an das Agitationssystem angepasst wird, so dass es nicht erforderlich ist, bedeutende Modifikationen an der Anlage vorzunehmen.

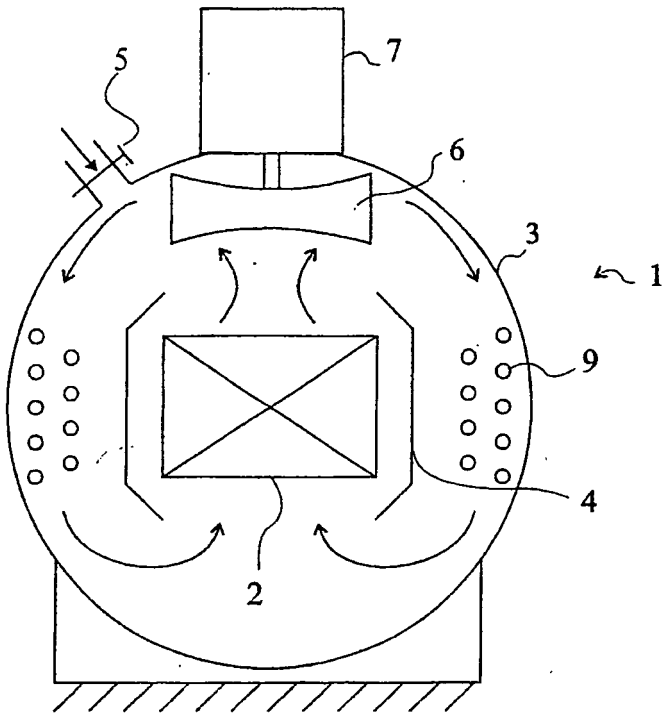

5
7
6
3
1
9
4
2

Fig 1

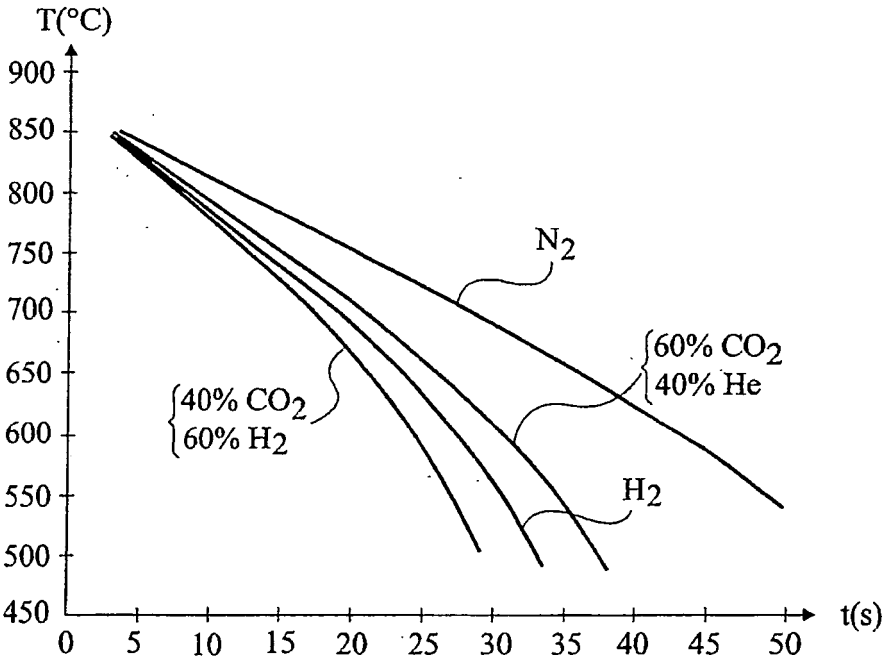

T(°C)
900
850
800
750
700
650
600
550
500
450
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
t(s)
N2
60% CO2
40% He
40% CO2
60% H2
H2

Fig 3

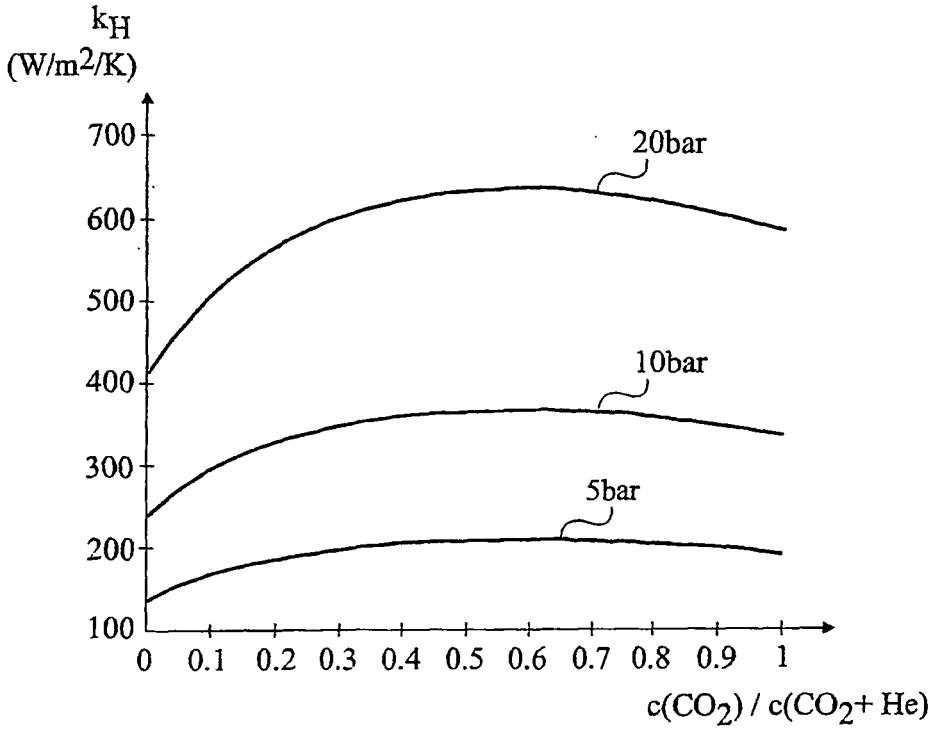

k_H
(W/m2/K)
700
600
500
400
300
200
100
20bar
10bar
5bar
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
c(CO2) / c(CO2+ He)

Fig 2A

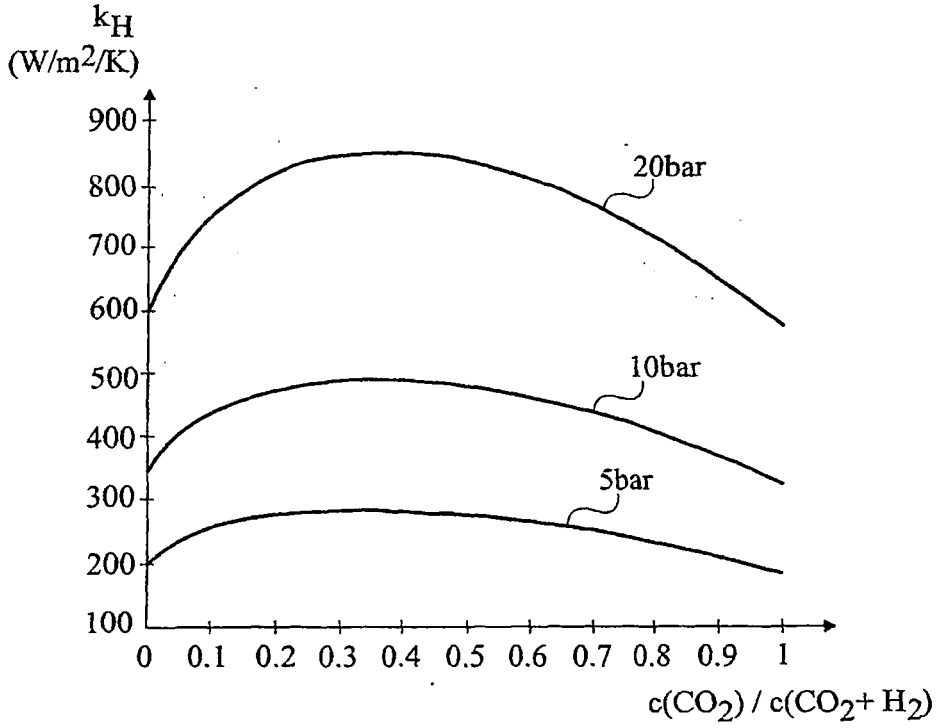

k_H
(W/m2/K)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
20bar
10bar
5bar
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
c(CO2) / c(CO2+ H2)

Fig 2B

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1050592 A **[0007]**
- EP 1211329 A **[0008]**
- WO 0007790 A **[0009]**
- WO 9715420 A **[0009]**