

(19)



(11)

EP 1 844 169 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
24.04.2019 Bulletin 2019/17

(51) Int Cl.:
C21D 1/613 (2006.01) C21D 1/767 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **06709405.2**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2006/050017

(22) Date de dépôt: **16.01.2006**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2006/075120 (20.07.2006 Gazette 2006/29)

(54) **CELLULE DE TREMPE AU GAZ POUR PIECES EN ACIER**

GASABSCHRECKKAMMER FÜR STAHLGUSSWERKE

GAS QUENCHING CELL FOR STEEL PARTS

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

(72) Inventeurs:
• **GOLDSTEINAS, Aymeric**
F-38340 Voreppe (FR)
• **BERLIER, Jean**
F-38590 Saint Etienne de Saint Geoirs (FR)

(30) Priorité: **17.01.2005 FR 0550134**

(74) Mandataire: **Cabinet Beaumont**
4, Place Robert Schuman
B.P. 1529
38025 Grenoble Cedex 1 (FR)

(43) Date de publication de la demande:
17.10.2007 Bulletin 2007/42

(73) Titulaire: **ETUDES ET CONSTRUCTIONS
MECANIQUES**
38100 Grenoble (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 446 425 EP-A- 0 538 575
EP-A- 0 960 949 US-A- 5 478 985
US-A- 5 550 858

EP 1 844 169 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne une cellule de trempe sous gaz pour pièces en acier et plus particulièrement un procédé de trempe sous gaz de pièces en acier mis en oeuvre dans une telle cellule de trempe.

Exposé de l'art antérieur

[0002] Les procédés de trempe sous gaz de pièces en acier présentent de nombreux intérêts par rapport à des procédés de trempe par liquide, notamment le fait que les pièces traitées sortent sèches et propres.

[0003] La trempe gazeuse de pièces en acier ayant subi au préalable un traitement thermique (chauffage avant trempe, recuit, revenu...) ou thermochimique (cémentation, carbonituration...) est généralement réalisée avec un gaz sous pression, de façon générale entre 4 et 20 bars. Le gaz de trempe est par exemple de l'azote, de l'argon, de l'hélium, du dioxyde de carbone ou un mélange de ces gaz.

[0004] Une opération de trempe consiste à refroidir de façon rapide des pièces en acier qui sont généralement à des températures comprises entre 750°C et 1000°C. A de telles températures, l'acier se trouve essentiellement sous la forme d'austénite qui n'est stable qu'à des températures élevées. Une opération de trempe permet par un refroidissement rapide d'obtenir une transformation de l'austénite en martensite qui présente des propriétés de dureté élevées. L'opération de trempe doit être relativement rapide pour que la totalité de l'austénite se transforme en martensite sans formation d'autres phases d'acier de type perlite ou bainite qui ont des propriétés de dureté inférieures à la martensite.

[0005] Une cellule de trempe comprend généralement au moins un moteur, généralement du type électrique, entraînant en rotation un élément de brassage, par exemple une hélice, adapté à mettre en circulation le gaz de trempe dans la cellule de trempe. Pour obtenir un refroidissement rapide des pièces introduites dans la cellule de trempe, on fait habituellement circuler le gaz de trempe au niveau des pièces à refroidir à une vitesse la plus élevée possible pendant la totalité de l'opération de trempe.

[0006] Une opération de trempe est donc réalisée classiquement en imposant une pression statique de gaz de trempe dans la cellule de trempe et en commandant le moteur à une vitesse de rotation maximale pour obtenir une vitesse de circulation maximale du gaz de trempe au niveau des pièces en acier à refroidir.

[0007] Bien que les procédés de trempe au gaz précédemment décrits permettent l'obtention de pièces trempées ayant une tenue en fatigue tout à fait satisfaisante, il serait souhaitable de prévoir un procédé de trempe au gaz permettant d'améliorer encore davantage la tenue en fatigue des pièces trempées.

[0008] Par ailleurs, bien que les procédés de trempe au gaz précédemment décrits permettent l'obtention de pièces trempées dont les déformations sont fortement diminuées par rapport à des procédés de trempe à l'huile, il serait souhaitable de prévoir un procédé de trempe au gaz permettant de diminuer encore davantage les déformations des pièces trempées.

Résumé de l'invention

[0009] La présente invention vise à obtenir un procédé de trempe de pièces en acier et une cellule de trempe pour la mise en oeuvre d'un tel procédé permettant l'obtention de pièces trempées à tenue en fatigue améliorée et/ou à déformations réduites.

[0010] Un autre objet de la présente invention est d'obtenir une cellule de trempe permettant la mise en oeuvre du procédé de trempe selon l'invention et dont la structure est peu modifiée par rapport à une cellule de trempe classique.

[0011] Dans ce but, la présente invention prévoit un procédé de trempe d'une charge en acier par écoulement d'un gaz au niveau de la charge par l'intermédiaire d'un moyen d'entraînement du gaz, le gaz, après s'être écoulé au niveau de la charge, étant refroidi par un échangeur dans lequel circule un fluide de refroidissement. Le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge à une vitesse qui varie selon un profil de vitesses dont au moins une partie comprend, successivement, un premier palier une première vitesse, un second palier à une seconde vitesse inférieure à la première vitesse et un troisième palier à la première vitesse, la transition entre le premier palier à la première vitesse et le second palier à la seconde vitesse étant réalisée au cours d'une phase de montée de la température du fluide de refroidissement.

[0012] Selon un mode de réalisation de la présente invention, la pression statique du gaz au niveau de la charge est diminuée pendant le second palier à la seconde vitesse par rapport au premier palier à la première vitesse.

[0013] Selon un mode de réalisation de la présente invention, le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge du premier palier à la première vitesse au second palier à la seconde vitesse lorsque la température du fluide de refroidissement dépasse une température de seuil donnée.

[0014] Selon un mode de réalisation de la présente invention, le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge du second palier à la seconde vitesse au troisième palier à la première vitesse lorsque la température du fluide de refroidissement diminue en dessous d'une température de seuil supplémentaire donnée.

[0015] Selon un mode de réalisation de la présente invention, le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge du premier palier à la première vitesse au second palier à la seconde

vitesse après une durée déterminée.

[0016] Selon un mode de réalisation de la présente invention, le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge selon un profil de vitesses comprenant, depuis le début d'une opération de trempe, successivement un quatrième palier à une troisième vitesse inférieure à la première vitesse et le premier palier à la première vitesse, la transition entre le quatrième palier à la troisième vitesse et le premier palier à la première vitesse étant réalisée au cours d'une phase de montée de la température du fluide de refroidissement.

[0017] Selon un mode de réalisation de la présente invention, le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge du quatrième palier à la troisième vitesse au premier palier à la première vitesse après une durée déterminée.

Brève description des dessins

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

les figures 1A et 1B représentent deux vues d'un exemple de réalisation d'une cellule de trempe sous gaz selon l'invention ;

la figure 2 représente l'évolution de la vitesse du gaz de trempe au niveau d'une charge contenue dans une cellule de trempe selon les figures 1A et 1B et l'évolution de la température du fluide de refroidissement d'un échangeur de la cellule dans le cas d'un procédé classique de trempe ;

la figure 3 représente l'évolution de la vitesse du gaz de trempe au niveau d'une charge contenue dans une cellule de trempe selon les figures 1A et 1B et l'évolution de la température du fluide de refroidissement d'un échangeur de la cellule dans le cas d'un premier exemple de procédé de trempe selon l'invention ;

la figure 4 représente l'évolution de la température au niveau d'une charge contenue dans une cellule de trempe selon les figures 1A et 1B traitée selon un procédé de trempe classique et le premier exemple de procédé de trempe selon l'invention ;

la figure 5 représente l'évolution de la vitesse du gaz de trempe au niveau d'une charge contenue dans une cellule de trempe selon les figures 1A et 1B et l'évolution de la température du fluide de refroidissement d'un échangeur de la cellule dans le cas d'un deuxième exemple de procédé de trempe selon l'invention ; et

la figure 6 représente l'évolution de la vitesse du gaz de trempe au niveau d'une charge contenue dans une cellule de trempe selon les figures 1A et 1B et l'évolution de la température du fluide de refroidis-

sement d'un échangeur de la cellule dans le cas d'un troisième exemple de procédé de trempe selon l'invention.

5 Description détaillée

[0019] Les figures 1A et 1B représentent schématiquement une vue en coupe latérale et une vue en coupe de face d'une cellule de trempe sous gaz pouvant être utilisée selon l'invention. La cellule comporte une enceinte 10 de forme générale cylindrique ou parallélépipédique à axe horizontal. La cellule est fermée par une extrémité tandis que l'autre extrémité comporte un système de porte guillotine 12 donnant accès à la cellule pour y introduire ou en extraire une charge à traiter 14. Bien entendu, la porte 12 permet de fermer la cellule de trempe de manière étanche. La charge 14 est maintenue sensiblement au centre de la cellule sur un plateau 16.

[0020] La partie supérieure de la cellule est munie de deux moteurs externes à axe vertical 18, disposés l'un à côté de l'autre dans le sens longitudinal de la cellule. Ces moteurs entraînent des éléments de brassage respectifs 20 à l'intérieur de la cellule. A titre d'exemple, les moteurs 18 sont des moteurs électriques.

[0021] Comme cela est visible à la figure 1B, la cellule est munie d'un échangeur 22 disposé de part et d'autre de la charge 14 dans un plan horizontal. L'échangeur 22 comprend une conduite de circulation d'un fluide de refroidissement et est adapté à refroidir le gaz de trempe qui le traverse. Entre l'échangeur 22 et la charge 14 sont disposées des tôles de guidage 24 qui rejoignent les dispositifs de brassage 20 de manière à diriger l'écoulement de gaz produit par ces derniers entre la charge 14 et l'échangeur 22. Avec cette configuration, le gaz de trempe s'écoule, par exemple en descendant à travers la charge 14 et en remontant à travers l'échangeur 22. A titre d'exemple, les éléments de brassage 20 sont des turbines ou des ventilateurs. Le gaz de trempe est, par exemple, de l'azote ou un mélange de dioxyde de carbone et d'hélium.

[0022] La présente invention consiste à modifier de façon contrôlée la vitesse de circulation du gaz de trempe au niveau de la charge 14 au cours d'une opération de trempe. Pour ce faire, on équipe la cellule de trempe 18 d'un système de variation de vitesses. A titre d'exemple, la variation de vitesse peut être obtenue par l'intermédiaire d'un variateur de fréquence pour des moteurs électriques. Dans le cas où les moteurs 18 sont des moteurs hydrauliques, on peut prévoir un système de variation du débit de l'huile alimentant les moteurs 18.

[0023] Selon la présente invention, l'élaboration d'un profil de vitesses du gaz de trempe s'écoulant au niveau de la charge 14 à tremper est obtenue à partir d'un paramètre caractéristique représentatif de la température moyenne au niveau de la charge 14. Le paramètre caractéristique correspond à la température du fluide de refroidissement au niveau de la sortie de l'échangeur 22, c'est-à-dire lorsque la température du fluide de refroidis-

sement circulant dans l'échangeur 22 est la plus élevée. En effet, la courbe représentative de l'évolution de la température du fluide de refroidissement en sortie de l'échangeur 22 est caractéristique de l'énergie retirée à la charge 14.

[0024] La figure 2 illustre le principe sous-jacent au choix de la température du fluide de refroidissement en sortie de l'échangeur 22 comme paramètre caractéristique pour faire varier la vitesse de circulation du gaz de trempe. La figure 2 représente un exemple classique de courbe 26 d'évolution de la vitesse du gaz de trempe au niveau de la charge 14, dans lequel la vitesse d'écoulement du gaz de trempe est constante et correspond au maximum des capacités des moteurs 18. La figure 2 représente également une courbe 30 d'évolution de la température du fluide de refroidissement en sortie de l'échangeur 22 obtenue pour un tel profil de vitesses. La courbe 30 comprend une portion ascendante 32 s'infléchissant au niveau d'un sommet 34 et suivie d'une portion descendante 36.

[0025] La demanderesse a mis en évidence que la transformation austénite-martensite de l'acier constituant la charge 14 se produit sensiblement au niveau du sommet 34 de la courbe 30. La demanderesse a mis en évidence qu'une amélioration de la tenue en fatigue peut être obtenue en limitant les variations de température de la charge 14 lors de la transformation austénite-martensite de façon à permettre que la transition austénite-martensite se réalise à des températures de charge 14 relativement homogènes.

[0026] La figure 3 représente une courbe 40 représentative de l'évolution de la vitesse d'écoulement du gaz de trempe au niveau de la charge 14 pour un premier exemple de procédé de trempe selon l'invention et une courbe 42 représentative de l'évolution de la température du fluide de refroidissement de l'échangeur 22 correspondant à un tel profil de vitesses de gaz de trempe. A titre de comparaison, on a reproduit, en traits pointillés, la courbe 30 d'évolution de la température du fluide de refroidissement pour un gaz de trempe circulant à vitesse maximale pendant la totalité de l'opération de trempe.

[0027] Le premier procédé de trempe selon l'invention consiste à commander les moteurs 18 de sorte que la vitesse d'écoulement du gaz de trempe au niveau de la charge 14 corresponde successivement à un premier palier de vitesse maximale 42 pendant une durée T1, à un palier de vitesse intermédiaire 44 pendant une durée T2 et à un second palier de vitesse maximale 46 jusqu'à la fin de l'opération de trempe. A titre d'exemple, pendant le palier 44, les moteurs 18 sont commandés de sorte que la vitesse d'écoulement du gaz de trempe chute de 30 à 60 % par rapport à la vitesse maximale. Pendant le premier palier 42, la courbe 42 d'évolution de la température du fluide de refroidissement comprend une portion ascendante 48 qui suit sensiblement celle de la courbe 30. Lors du palier de vitesse intermédiaire 44, la température du fluide de refroidissement tend à se stabiliser de sorte que la courbe 40 comprend une portion de fai-

bles variations 50. Lors du second palier de vitesse maximale 46, la courbe 42 suit une portion descendante 52.

[0028] Le passage du premier palier de vitesse maximale 42 au palier de vitesse intermédiaire 44 est effectué lorsque la température du fluide de refroidissement atteint une première température de seuil donnée, qui correspond à une température légèrement inférieure à la température au sommet 34 de la courbe 30. Il s'agit donc sensiblement de la température du fluide de refroidissement pour laquelle la transformation austénite-martensite de la charge 14 débute. Le passage du palier de vitesse intermédiaire 44 au second palier de vitesse maximale 46 est effectué lorsque la température du fluide de refroidissement, vers la fin de la portion de faibles variations 50, diminue en deçà d'une seconde température de seuil donnée, par exemple égale à la première température de seuil donnée, et qui est représentative du fait que la transformation austénite-martensite de la charge 14 est achevée.

[0029] La transformation austénite-martensite de la charge 14 est alors réalisée en totalité pour une vitesse d'écoulement du gaz de trempe inférieure à la vitesse maximale. De façon avantageuse, la vitesse intermédiaire est ajustée à une valeur telle que la puissance thermique récupérée par l'échangeur 22 correspond à la puissance thermique libérée par la charge 14 pendant la transformation austénite-martensite qui est une réaction exothermique. La température de la charge 14 est alors maintenue à une température sensiblement constante et homogène pendant la totalité de la transformation austénite-martensite de l'ensemble de la charge 14. En pratique, la vitesse intermédiaire est adaptée pour obtenir la température du fluide de refroidissement la plus constante possible au cours de la portion 50.

[0030] Dans le premier exemple de réalisation, la pression statique du gaz de trempe peut être maintenue à une valeur constante pendant toute l'opération de trempe entre 4 et 20 bars. Selon une variante du premier exemple de réalisation, la pression statique du gaz de trempe dans la cellule de trempe est diminuée lors de l'application du palier de vitesse intermédiaire dans une plage allant de 30 % à 80 % de la pression statique du gaz de trempe pendant les premier et second paliers de vitesse maximale. Ceci permet de contrôler en combinaison avec la vitesse intermédiaire du gaz de trempe, la puissance thermique prélevée à la charge 14 pendant la transformation austénite-martensite.

[0031] La figure 4 représente deux courbes 54, 56 d'évolution de la température mesurée au niveau de la charge 14 pendant une opération de trempe de la charge 14 respectivement pour un procédé de trempe classique pendant lequel la vitesse d'écoulement du gaz de trempe demeure constante et maximale et le premier exemple de procédé de trempe selon l'invention. Plus précisément, la courbe 56 a été obtenue dans le cas où la durée T1 d'application du premier palier de vitesse maximale 42 est de 50 secondes et la durée T2 du palier de vitesse intermédiaire 44 est de 310 secondes. La vitesse inter-

médiaire correspond, dans le présent exemple, à 30 % de la vitesse maximale. La pression statique du gaz de trempe, qui est, dans le présent exemple, de l'azote, est de 16 bars pendant les premier et second paliers de vitesse maximale 42, 46 et de 2 bars pendant le palier de vitesse intermédiaire 44. On notera qu'après 50 secondes, la courbe 56 diminue nettement moins que la courbe 54. La variation de la température de la charge 14 est donc limitée pendant la transformation austénite-martensite.

[0032] La demanderesse a mis en évidence une amélioration de la tenue en fatigue des pièces constituant la charge 14 trempée selon le premier exemple de procédé de trempe de l'invention. Une explication serait que la transformation austénite-martensite se faisant à des températures dont les variations sont limitées, il apparaît moins de contraintes mécaniques internes dans la charge 14 d'où il résulte une amélioration de la tenue en fatigue.

[0033] A titre d'exemple, pour une charge 14 constituée d'un acier du type 27MnCr5 et traitée selon un procédé de cémentation basse pression, la demanderesse a mis en évidence une augmentation de la tenue à la fatigue de l'ordre de 20 % par rapport à une trempe à l'huile froide (huile à 60°C) ou une trempe à l'azote à pression constante (16 bars) et à vitesse d'écoulement maximale du gaz de trempe.

[0034] Les première et seconde températures de seuil dépendent de nombreux paramètres, notamment le type d'acier constituant la charge 14 et l'aire de la surface d'échange entre la charge 14 et le gaz de trempe. La détermination des première et seconde températures de seuil peut être effectuée en réalisant une trempe de la charge 14 avec une vitesse d'écoulement de gaz maximale de façon à déterminer la courbe 30 représentée en figure 2 associée à la charge 14. Les première et seconde températures de seuil correspondent alors à un pourcentage donné de la température maximale de la courbe 30. On peut alors pour un même type de charge mettre en oeuvre le premier exemple du procédé de la présente invention en prévoyant un capteur de température au niveau de la sortie de l'échangeur 22 relié à un micro-contrôleur adapté à commander les moteurs 18. Les passages du premier palier de vitesse maximale 42 au palier de vitesse intermédiaire 44 et du palier de vitesse intermédiaire 44 au second palier de vitesse maximale 46 sont respectivement effectués lorsque la température du fluide de refroidissement dépasse la première température de seuil et diminue en dessous de la seconde température de seuil. Selon une autre variante, à partir de la courbe 30, on peut déterminer la durée T1 nécessaire pour que la température du fluide de refroidissement atteigne la première température de seuil. Il n'est pas alors nécessaire, en fonctionnement normal, de prévoir un capteur de température au niveau de l'échangeur 22, le passage du premier palier de vitesse maximale 42 au palier de vitesse intermédiaire 44 étant automatiquement réalisé au bout de la durée T1. Le passage du palier de

vitesse intermédiaire 44 au second palier de vitesse maximale 46 peut alors être automatiquement réalisé au bout de la durée T2, déterminée, par exemple, de façon empirique.

[0035] Selon une variante du premier exemple de réalisation, le palier de vitesse intermédiaire 44 est maintenu même après que la température du fluide de refroidissement diminue en deçà de la seconde température de seuil donnée, telle que définie précédemment, vers la fin de la portion de faibles variations 50. Le passage du palier de vitesse intermédiaire 44 au second palier de vitesse maximale 46 n'est alors réalisé qu'après l'écoulement d'une durée supérieure à la durée T₂ telle que définie précédemment. Selon une telle variante du premier exemple de réalisation, la courbe 42 comprend, après la portion de faibles variations 50, une portion descendante dont la pente est, en valeur absolue, plus faible que la pente de la portion descendante 52 représentée en figure 3 et qui se prolonge par une portion supplémentaire de faibles variations. A titre d'exemple, selon la variante du premier exemple de réalisation, le passage du palier de vitesse intermédiaire 44 au second palier de vitesse maximale 46 peut alors être réalisé lorsque la température du fluide de refroidissement diminue en deçà d'une température de seuil donnée qui est représentative du passage entre la portion descendante et la portion supplémentaire de faibles variations.

[0036] La demanderesse a mis en évidence que le fait d'augmenter la durée du palier de vitesse intermédiaire 44, par rapport à la durée T₂ telle que définie précédemment pour le premier exemple de réalisation, permet d'obtenir une amélioration de la résilience des pièces constituant la charge 14 trempée selon la variante du premier exemple de procédé de trempe de l'invention. L'amélioration de la résilience a, par exemple, été mise en évidence par des essais de résilience utilisant un moulin de Charpy. A titre d'exemple, en multipliant la durée T₂, telle que définie précédemment pour le premier exemple de réalisation, par un facteur supérieur à 4, la demanderesse a observé une amélioration de la résilience supérieure à 20 %.

[0037] La présente invention propose également un deuxième exemple de procédé de trempe d'une charge 14 permettant de réduire les déformations de la charge 14 au cours de l'opération de trempe, notamment les déformations locales de la charge lorsque celle-ci comprend des pièces de formes complexes. Ceci permet de limiter les étapes de rectification ultérieures à prévoir pour les pièces trempées et/ou de simplifier les étapes préalables de conception des formes des pièces avant trempe.

[0038] La figure 5 représente une courbe 58 représentative de l'évolution de la vitesse d'écoulement du gaz de trempe au niveau de la charge 14 pour le deuxième exemple de procédé de trempe selon l'invention et une courbe 60 représentative de l'évolution de la température du fluide de refroidissement de l'échangeur 22 obtenue avec un tel profil de vitesses du gaz de trempe. A titre

de comparaison, on a reproduit, en traits pointillés, la courbe 30 d'évolution de la température du fluide de refroidissement pour un gaz de trempe circulant à vitesse maximale pendant la totalité de l'opération de trempe.

[0039] Le deuxième exemple de réalisation du procédé de trempe de l'invention consiste à commander les moteurs 18 de sorte que la vitesse d'écoulement du gaz de trempe au niveau de la charge 14 corresponde successivement à un premier palier de vitesse intermédiaire 62 pendant une durée T1' et à un palier de vitesse maximale 64 jusqu'à la fin de l'opération de trempe. A titre d'exemple, pendant le palier de vitesse intermédiaire 62, les moteurs 18 sont commandés de sorte que la vitesse d'écoulement du gaz de trempe varie entre 0 % et 70 % de la vitesse maximale. Pendant le palier 62, la courbe 60 d'évolution de la température du fluide de refroidissement comprend une portion ascendante 66 moins marquée que la portion ascendante 32 de la courbe 30. La température du fluide de refroidissement augmente donc moins vite que dans le cas où la vitesse de trempe est maximale. Lors du palier de vitesse maximale 64, la portion ascendante 66 se poursuit jusqu'à un sommet 68 et se prolonge par une portion descendante 70. La durée T1' peut s'étendre de 5 à 30 secondes suivant la durée totale de l'opération de trempe. En outre, la durée T1' peut être déterminée de façon empirique.

[0040] Pendant la durée T1', la vitesse de refroidissement de la charge 14 est inférieure à celle qui résulterait d'une vitesse maximale d'écoulement du gaz de trempe. Le refroidissement étant plus lent, les déformations de la charge 14 sont moins importantes. A l'achèvement de la durée T1', la charge s'étant refroidie, l'inertie mécanique de la charge 14 a augmenté. Une telle augmentation de l'inertie mécanique limite les déformations ultérieures de la charge 14 lorsqu'on augmente par la suite la vitesse d'écoulement du gaz de trempe. Les déformations locales de la charge 14, au cours de l'opération de trempe, sont donc globalement réduites puisque le refroidissement de la charge 14 avec la vitesse d'écoulement du gaz de trempe maximale est effectué lorsque la charge a déjà acquis une inertie mécanique suffisante et oppose donc une résistance supérieure aux déformations.

[0041] Dans le deuxième exemple de réalisation, la pression statique du gaz de trempe peut être maintenue constante pendant toute l'opération de trempe. Selon une variante, lors du passage du palier 62 de vitesse intermédiaire au palier 64 de vitesse maximale, une augmentation de la pression statique du gaz de trempe peut être prévue. La pression statique peut être augmentée de 2 à 5 fois la pression initiale pour atteindre une valeur, par exemple, entre 4 et 20 bars.

[0042] A titre d'exemple, pour une charge 14 comprenant des roues à dents hélicoïdales constituées d'un acier du type 15CrM6, la demanderesse a mis en évidence une réduction des déformations au niveau du profil des dents dans un plan perpendiculaire à la direction de l'hélice, pouvant atteindre environ 45 % par rapport à une trempe à l'huile chaude (huile à 180°C) et environ 30 %

par rapport à une trempe au gaz à vitesse d'écoulement maximale du gaz de trempe.

[0043] La présente invention propose également un troisième exemple de procédé de trempe d'une charge 14 correspondant à la combinaison des deux exemples de réalisation précédemment décrits. Le troisième exemple de réalisation permet alors d'obtenir une amélioration de la tenue en fatigue des pièces constituant la charge et une réduction des déformations des pièces constituant la charge 14.

[0044] La figure 6 représente une courbe 72 représentative de l'évolution de la vitesse d'écoulement du gaz de trempe au niveau de la charge 14 pour le troisième exemple de procédé de trempe selon l'invention et une courbe 74 représentative de l'évolution de la température du fluide de refroidissement de l'échangeur 22 obtenue avec un tel profil de vitesses du gaz de trempe. A titre de comparaison, on a reproduit, en traits pointillés, la courbe 30 d'évolution de la température du fluide de refroidissement pour un gaz de trempe circulant à vitesse maximale pendant la totalité de l'opération de trempe.

[0045] Le troisième exemple de réalisation du procédé de trempe de l'invention consiste à commander les moteurs 18 de sorte que la vitesse d'écoulement du gaz de trempe au niveau de la charge 14 corresponde successivement à un palier de vitesse intermédiaire 76 pendant une durée T1", un palier de vitesse maximale 78 pendant une durée T2", un palier de vitesse intermédiaire 80 pendant une durée T3" et un palier de vitesse maximale 82 jusqu'à la fin de l'opération de trempe. A titre d'exemple, pendant le palier de vitesse intermédiaire 76, les moteurs 18 sont commandés de sorte que la vitesse d'écoulement du gaz de trempe varie entre 0 % et 70 % de la vitesse maximale et que, pendant le palier de vitesse intermédiaire 80, la vitesse d'écoulement du gaz de trempe varie entre 40 % et 70 % de la vitesse maximale.

[0046] Lors du palier 76, la courbe 74 d'évolution de la température du fluide de refroidissement comprend une portion ascendante 84 moins marquée que la portion ascendante 32 de la courbe 30. Lors du palier de vitesse maximale 78, la courbe 74 comprend une portion ascendante 86 plus marquée que la portion ascendante 84. Lors du palier de vitesse intermédiaire 80, la courbe 74 comprend un palier 88 de faibles variations et lors du palier de vitesse maximale 82, la courbe 74 comprend une portion descendante 90.

[0047] Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, la cellule de trempe peut être différente de la cellule précédemment décrite. En particulier, l'axe des moteurs 18 peut être disposé selon l'horizontale, l'écoulement du gaz de trempe au niveau de la charge 14 se faisant sensiblement selon l'horizontale. En outre, la cellule peut comprendre un conduit formant une boucle à l'extérieur de la cellule, l'échangeur 22 étant inséré dans le conduit.

Revendications

1. Procédé de trempe d'une charge (14) en acier par écoulement d'un gaz au niveau de la charge par l'intermédiaire d'un moyen d'entraînement (18, 20) du gaz, le gaz, après s'être écoulé au niveau de la charge (14), étant refroidi par un échangeur (22) dans lequel circule un fluide de refroidissement, **caractérisé en ce que** le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge à une vitesse qui varie selon un profil de vitesses dont au moins une partie comprend, successivement, un premier palier à une première vitesse (42), un second palier à une seconde vitesse (44) inférieure à la première vitesse et un troisième palier à la première vitesse (46), la transition entre le premier palier à la première vitesse et le second palier à la seconde vitesse étant réalisée au cours d'une phase de montée de la température du fluide de refroidissement.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la pression statique du gaz au niveau de la charge (14) est diminuée pendant le second palier à la seconde vitesse (44 ; 80) par rapport au troisième palier à la première vitesse (46 ; 82).
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge (14) du premier palier à la première vitesse (42) au second palier à la seconde vitesse (44) lorsque la température du fluide de refroidissement dépasse une température de seuil donnée.
4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge (14) du second palier à la seconde vitesse (44) au troisième palier à la première vitesse (46) lorsque la température du fluide de refroidissement diminue en dessous d'une température de seuil supplémentaire donnée.
5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge (14) du premier palier à la première vitesse (42) au second palier à la seconde vitesse (44) après une durée déterminée.
6. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le moyen d'entraînement (18, 20) est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge selon un profil de vitesses comprenant, depuis le début d'une opération de trempe, successivement un quatrième palier à une troisième vitesse (62) inférieure à la première vitesse et le premier palier à la première vitesse (64), la transition entre le quatrième palier à

la troisième vitesse et le premier palier à la première vitesse étant réalisée au cours d'une phase de montée de la température du fluide de refroidissement.

- 5 7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel le moyen d'entraînement est commandé pour faire s'écouler le gaz au niveau de la charge (14) du quatrième palier à la troisième vitesse (62) au premier palier à la première vitesse (64) après une durée déterminée.

Patentansprüche

- 15 1. Verfahren zum Abschrecken einer Stahlcharge (14) durch Leiten eines Gases auf einem Niveau der Charge mittels Gasleitungsmitteln (18, 20), wobei das Gas, nachdem es auf dem Niveau der Charge (14) geflossen ist, durch einen Tauscher (22) gekühlt wird, in welchem ein Kühlströmungsmittel fließt, **dadurch gekennzeichnet, dass**, die Leitungsmittel so gesteuert werden, dass sie das Gas auf dem Niveau der Charge mit einer Geschwindigkeit fließen lassen, welche gemäß einem Geschwindigkeitsprofil variiert, wobei zumindest ein Teil davon in aufeinander folgenden Weise ein erstes Plateau mit einer ersten Geschwindigkeit (42), ein zweites Plateau mit einer zweiten Geschwindigkeit (44), die niedriger ist als die erste Geschwindigkeit, und ein drittes Plateau mit der ersten Geschwindigkeit (46) aufweist, wobei der Übergang zwischen dem ersten Plateau mit der ersten Geschwindigkeit und dem zweiten Plateau mit der zweiten Geschwindigkeit während einer Phase des Zunehmens der Temperatur des Kühlströmungsmittels ausgeführt wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der statische Druck des Gases auf dem Niveau der Charge (14) während des zweiten Plateaus mit der zweiten Geschwindigkeit (44; 80) bezüglich des dritten Plateaus mit der ersten Geschwindigkeit (46; 82) verringert wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Leitungsmittel so gesteuert werden, dass sie das Gas auf dem Niveau der Charge (14) vom ersten Plateau mit der ersten Geschwindigkeit (42) zum zweiten Plateau mit der zweiten Geschwindigkeit (44) fließen lassen, wenn die Temperatur des Kühlströmungsmittels eine gegebene Temperaturschwelle erreicht.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Leitungsmittel so gesteuert werden, dass sie das Gas auf dem Niveau der Charge (14) vom zweiten Plateau mit der zweiten Geschwindigkeit (44) zum dritten Plateau mit der ersten Geschwindigkeit (46) fließen lassen, wenn die Temperatur des Kühlströmungsmittels unter eine gegebene zusätzliche Temperaturschwelle
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

absinkt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Leitungsmittel so gesteuert werden, dass sie das Gas auf dem Niveau der Charge (14) vom ersten Plateau mit der ersten Geschwindigkeit (42) zum zweiten Plateau mit der zweiten Geschwindigkeit (44) nach einer vorbestimmten Zeit fließen lassen.
6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Bewegungsmittel (18, 20) so gesteuert werden, dass sie das Gas auf dem Niveau der Charge gemäß einem Geschwindigkeitsprofil fließen lassen, welches vom Beginn eines Abschreckvorgangs in aufeinander folgender Weise ein viertes Plateau mit einer dritten Geschwindigkeit (62), die niedriger ist als die erste Geschwindigkeit, und das erste Plateau mit der ersten Geschwindigkeit (64) aufweist, wobei der Übergang zwischen dem vierten Plateau mit der dritten Geschwindigkeit und dem ersten Plateau mit der ersten Geschwindigkeit während einer Phase der Zunahme der Temperatur des Kühlströmungsmittels ausgeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Leitungsmittel so gesteuert werden, dass sie das Gas auf dem Niveau der Charge (14) vom vierten Plateau mit der dritten Geschwindigkeit (62) zum ersten Plateau mit der ersten Geschwindigkeit (64) nach einer vorbestimmten Zeit fließen lassen.

Claims

1. A method for quenching a steel load (14) by flowing of a gas at the level of the load via gas moving means (18, 20), the gas, after having flowed at the level of the load (14), being cooled down by a exchanger (22) in which flows a cooling fluid, **characterized in that** the moving means are controlled to have the gas flow at the load level at a speed which varies according to a speed profile, at least a portion of which comprises, successively, a first plateau at a first speed (42), a second plateau at a second speed (44) inferior to the first speed and a third plateau at the first speed (46), the transition between the first plateau at the first speed and the second plateau at the second speed being performed during an increase phase of the cooling fluid temperature.
2. The method of claim 1, wherein the static pressure of the gas at the level of the load (14) is decreased during the second plateau at the second speed (44; 80) with respect to the third plateau at the first speed (46; 82).
3. The method of claim 1, wherein the moving means are controlled to have the gas flow at the level of the

load (14) from the first plateau at the first speed (42) to the second plateau at the second speed (44) when the temperature of the cooling fluid reaches a given threshold temperature.

4. The method of claim 1, wherein the moving means are controlled to have the gas flow at the level of the load (14) from the second plateau at the second speed (44) to the third plateau at the first speed (46) when the cooling fluid temperature decreases under a given additional threshold temperature.
5. The method of claim 1, wherein the moving means are controlled to have the gas flow at the level of the load (14) from the first plateau at the first speed (42) to the second plateau at the second speed (44) after a determined time.
6. The method of claim 1, wherein the moving means (18, 20) are controlled to have the gas flow at the load level according to a speed profile comprising, from the beginning of a quenching operation, successively a fourth plateau at a third speed (62) inferior to the first speed and the first plateau at the first speed (64), the transition between the fourth plateau at the third speed and the first plateau at the first speed being performed during an increase phase of the cooling fluid temperature.
7. The method of claim 6, wherein the moving means are controlled to have the gas flow at the level of the load (14) from the fourth plateau at the third speed (62) to the first plateau at the first speed (64) after a determined time.

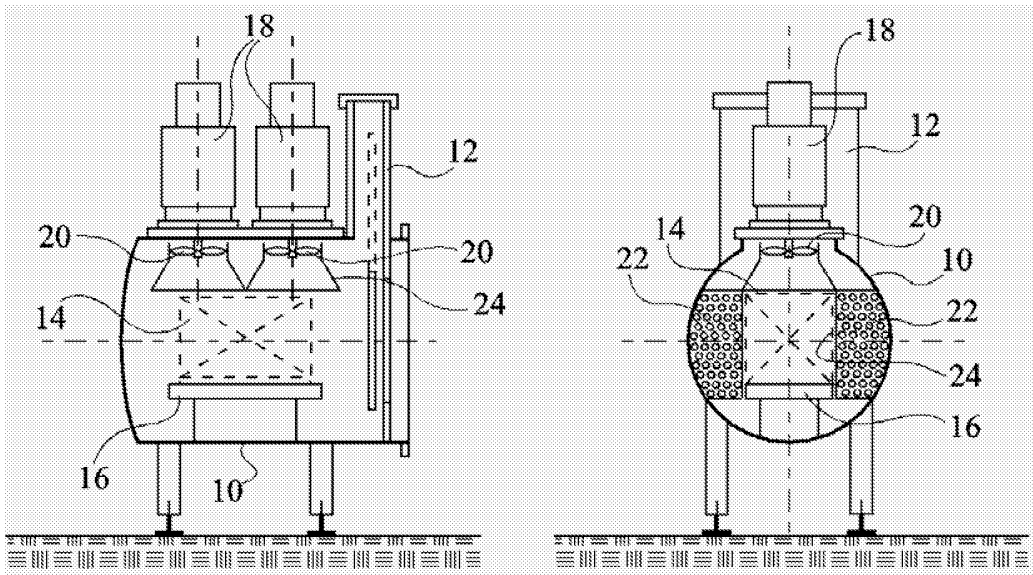


Fig 1A

Fig 1B

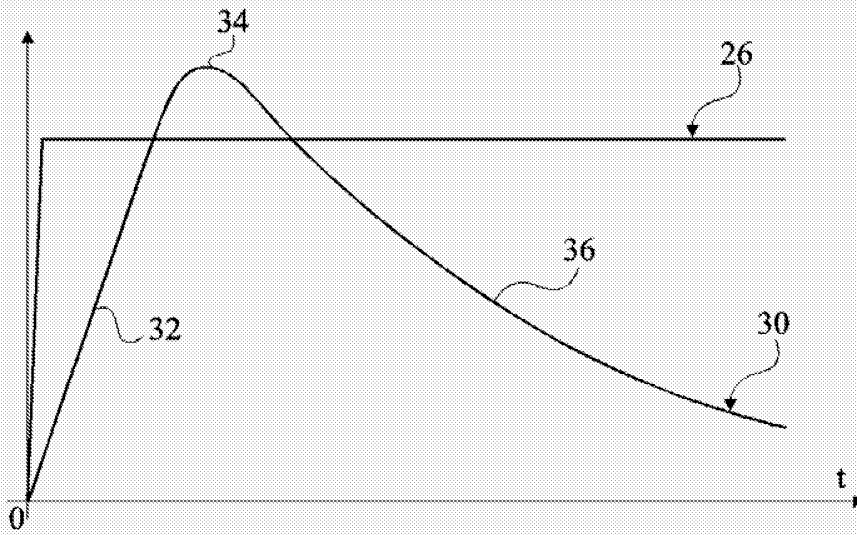


Fig 2

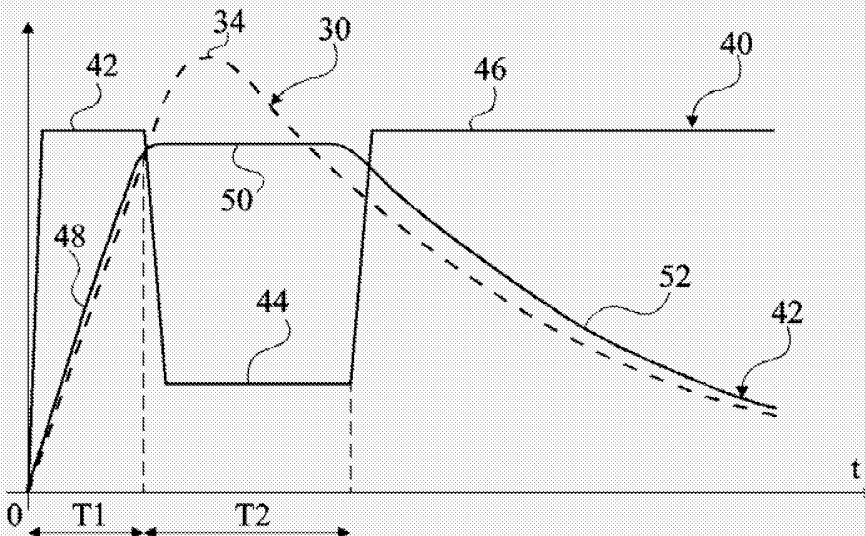


Fig 3

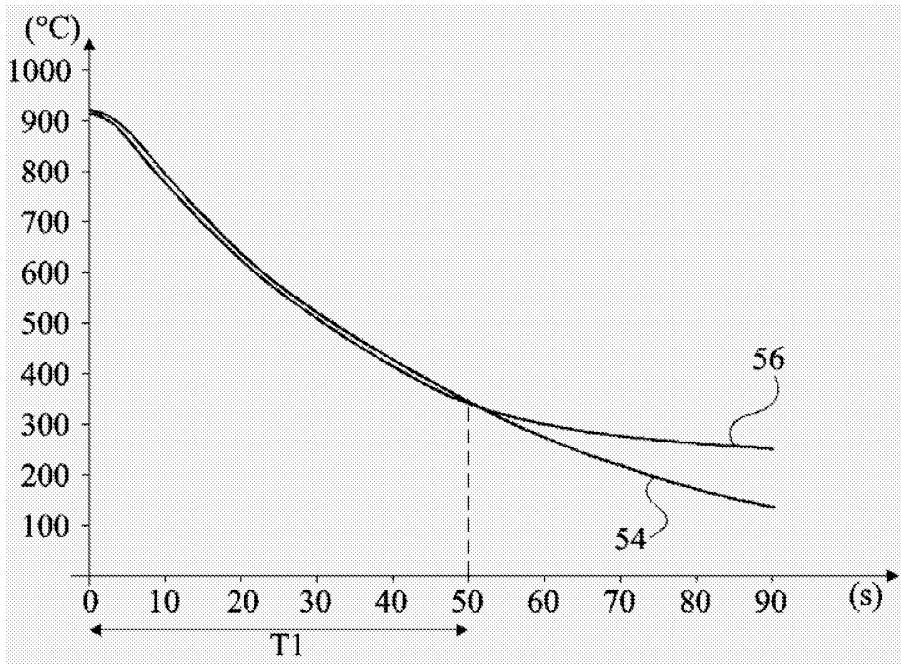


Fig 4

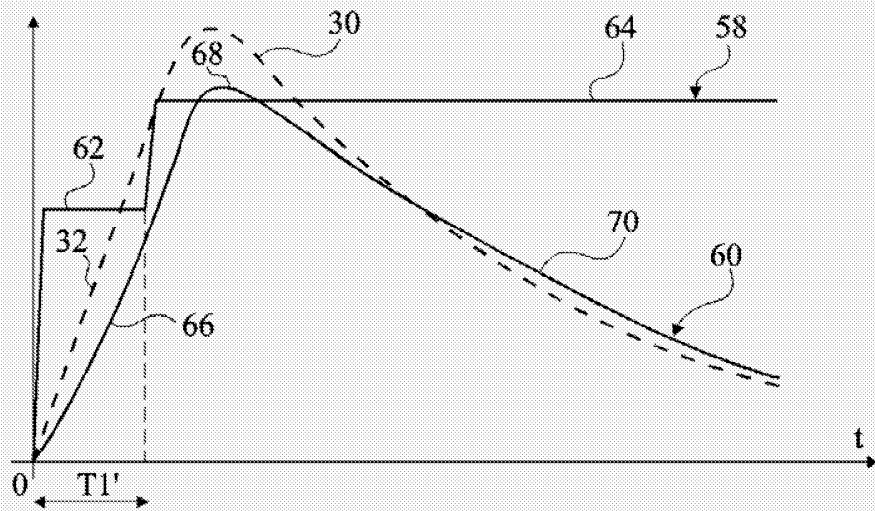


Fig 5

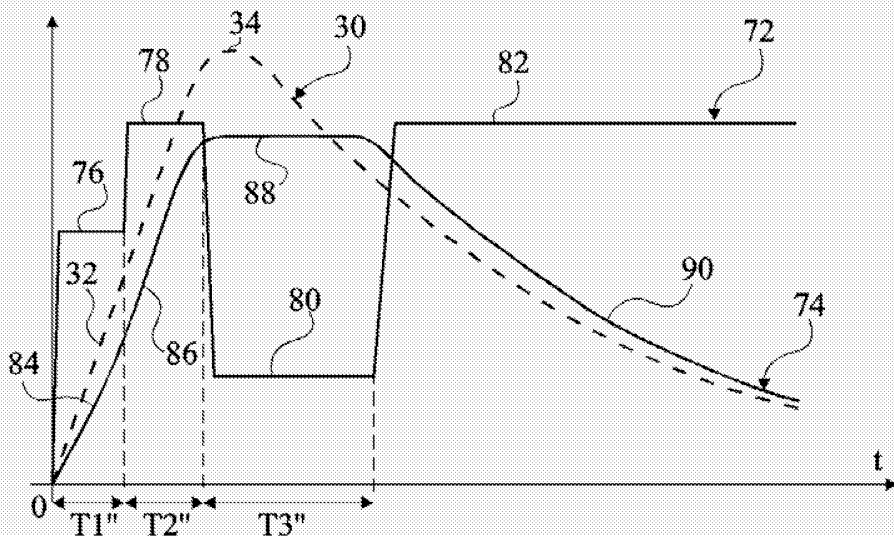


Fig 6