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

(11) **EP 1 616 969 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
13.06.2007 Bulletin 2007/24

(51) Int Cl.:
C21D 9/32 *(2006.01)* ***H05B 6/40*** *(2006.01)*
C21D 1/42 *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **05300204.4**

(22) Date de dépôt: **22.03.2005**

(54) **Procédé de traitement thermique par induction pour pièce mécanique de révolution**

Verfahren zur induktiven thermischen Behandlung rotationssymmetrischer Bauteile

Method for induction heat treatment of parts with rotational symmetry

(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 MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **19.04.2004 FR 0404071**

(43) Date de publication de la demande:
18.01.2006 Bulletin 2006/03

(73) Titulaire: **Peugeot Citroen Automobiles SA**
78943 Vélizy-Villacoublay Cedex (FR)

(72) Inventeur: **GRUNEWALD, Jean**
25700, VALENTIGNEY (FR)

(74) Mandataire: **Fernandez, Francis Lionel**
Peugeot Citroen Automobiles SA
Route de Gisy
78140 Velizy-Villacoublay (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 324 721
EP-A- 1 029 932
FR-A- 942 688
FR-A- 2 840 150

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 09, 30 septembre 1997 (1997-09-30) & JP 09 118925 A (DAIHATSU MOTOR CO LTD), 6 mai 1997 (1997-05-06)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0152, no. 48 (C-0843), 25 juin 1991 (1991-06-25) & JP 03 079725 A (FUJI DENSHI KOGYO KK), 4 avril 1991 (1991-04-04)**

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 1 616 969 B1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de traitement thermique destiné à améliorer les propriétés mécaniques d'une pièce mécanique de révolution telle qu'un pignon, ou roue dentée, de boîte de vitesses.

[0002] Il existe différentes façons d'améliorer les propriétés mécaniques d'une pièce et notamment sa dureté superficielle et ce, sans recourir à des compositions d'aciers trop onéreuses à forte concentration en carbone, nickel ou encore chrome. La méthode la plus couramment utilisée actuellement est la carbonitruration. Cette méthode consiste à modifier superficiellement la composition des aciers, notamment en augmentant la teneur en carbone. Le processus de traitement consiste à porter ces aciers à haute température dans des atmosphères contrôlées où la concentration en carbone est élevée. Les fours requis sont très importants et coûteux, quant aux temps de traitement ils dépassent fréquemment une ou deux heures.

[0003] Pour remédier aux inconvénients de la carbonitruration, il a été proposé des solutions alternatives. Une de ces solutions alternatives consiste à améliorer les propriétés de pièces mécaniques telles que des roues dentées, en procédant par trempe et en utilisant un chauffage inductif. Le document US4855556 divulgue une installation de ce type. Longtemps le développement d'une telle méthode, a priori simple et rapide, a buté sur la complexité à réaliser un outil industriel fiable et répétitif, ne venant pas altérer les dentures des pièces et sur la mise au point d'une gamme de traitement appropriée permettant de traiter des milliers de pièces / jour.

[0004] Le but de la présente invention est donc de proposer un procédé de traitement approprié.

[0005] Selon l'invention, le procédé de traitement thermique pour pièce mécanique de révolution, telle qu'une roue dentée est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- chauffage inductif haute fréquence ;
- chauffage inductif moyenne fréquence ;
- trempe.
- chauffage inductif moyenne fréquence;
- chauffage inductif haute fréquence ;
- trempe.

[0006] Selon une autre caractéristique du procédé de traitement selon l'invention, lors de tout ou partie desdites étapes, la pièce mécanique est entraînée en rotation.

[0007] Selon une autre caractéristique du procédé de traitement selon l'invention, lors des étapes de chauffage inductif haute fréquence, la fréquence d'induction est comprise entre 100 kHz et 300 kHz

[0008] Selon une autre caractéristique du procédé de traitement selon l'invention, la durée des étapes de chauffage inductif haute fréquence est comprise entre 0.3 s et 5 s.

[0009] Selon une autre caractéristique du procédé de traitement selon l'invention, lors des étapes de chauffage inductif moyenne fréquence, la fréquence d'induction est comprise entre 0.5 kHz et 10 kHz

[0010] Selon une autre caractéristique du procédé de traitement selon l'invention, la durée des étapes de chauffage inductif haute fréquence est comprise entre 1 s et 10 s.

[0011] Selon une autre caractéristique du procédé de traitement selon l'invention, lors des étapes de chauffage inductif, la puissance fournie est comprise entre 100 kW et 1500 kW.

[0012] Selon une autre caractéristique du procédé de traitement selon l'invention, le bain de trempe est formé d'un mélange eau-polymères.

[0013] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement dans la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant un mode de réalisation de l'invention et dans lesquels:

- la figure 1 est une vue schématique d'une machine-outil pour mettre en oeuvre l'invention;
- La figure 2 est un bloc diagramme détaillant un traitement selon l'invention.

[0014] La machine référencée 1 permet le traitement thermique de pièces mécaniques de révolution telles que la denture 21 d'une roue dentée 2 pour boîtes de vitesses. Dans le présent exemple, la roue dentée 2 comporte un alésage central 20, une paroi périphérique extérieure et deux faces latérales. La denture 21, de type par exemple hélicoïdale, est disposée sur la paroi périphérique extérieure de la roue dentée 2

[0015] La machine comprend un bâti supportant un tableau de commande non figuré, des moyens de chauffage par induction 4 et 5, un bac de trempe 6 et son circuit d'alimentation et de vidange, des moyens de manipulation permettant le déplacement de la pièce à traiter entre les moyens de chauffage 4, 5 et le bac de trempe 6 renfermant un bain de trempe tel qu'un mélange eau-polymères. Le bain de trempe, et notamment sa composition, est adapté pour assurer une vitesse de refroidissement raisonnable limitant les contraintes dans le métal.

[0016] Cette machine et plus particulièrement les moyens de chauffage par induction sont reliés à des générateurs électriques appropriés moyenne et haute tension.

[0017] Les moyens de manipulation comprennent un plateau porte-pièce 7 solidaire d'un arbre 70 s'étendant verticalement. La couronne 2 est centrée sur le plateau 7 au moyen de l'extrémité de l'arbre 70 en saillie au-dessus du plateau et qui vient pénétrer dans l'alésage central de la roue dentée 2. L'arbre 70 est entraîné en rotation par des premiers moyens pilotés 71 et en coulissement vertical par des seconds moyens pilotés 72. Des moyens de bridage, tel qu'un piston 73 piloté vient immobiliser la roue 2 sur le porte pièce 7. Ce moyen 73

peut également servir à réduire les déformations en maintenant sous presse la pièce.

[0018] Les moyens de chauffage comprennent deux dispositifs distincts sensiblement identiques quant à leur conception et disposés l'un au-dessous de l'autre. Le dispositif 4 est relié à un générateur moyenne fréquence quant au dispositif 5 il est lui relié à un générateur haute fréquence. Compte tenu de leur similitude de conception, seul le dispositif 4 sera détaillé plus avant.

[0019] Le dispositif de chauffage 4 est composé de trois spires coaxiales à l'arbre 70, respectivement 41, 42 et 43. Ces spires sont en forme d'anneau non fermé, du type oméga Ω, et constituées par des tubes creux annulaires. Ces spires métalliques sont agencées pour que lorsque la roue 2 est positionnée de façon que sa denture 3 se trouve en vis-à-vis de la spire intermédiaire, le plan médian de la roue formant un plan de symétrie de la spire intermédiaire 42, les spires extrêmes 41 et 43 se trouvent alors de part et d'autre de la roue 2 sans être en vis-à-vis de la denture 3.

[0020] Les trois spires 41, 42 et 43 sont fixées à une première extrémité à une première barrette d'interconnexion métallique 44. Les secondes extrémités des trois spires sont fixées à une seconde barrette d'interconnexion non figurée. Les deux connecteurs sont reliés aux bornes d'un générateur électrique moyenne fréquence. Une paroi isolante sépare les deux barrettes.

[0021] Des moyens de commande appropriés permettent de piloter pour chaque dispositif de chauffe par induction tant la durée, la fréquence que la puissance du courant électrique traversant les spires.

[0022] Un fluide de refroidissement circule à l'intérieur de chaque spire 41, 42, 43. Les moyens d'apport, d'évacuation et de mise en circulation du fluide de refroidissement pour chacune de ces spires ne sont pas détaillés plus avant de même que les moyens de fixation des spires au bâti de la machine 1.

[0023] Les dimensions respectives de chacune des spires 41, 42 et 43, à savoir diamètre intérieur, hauteur et section ainsi que leur distance les unes aux autres sont ajustées aux dimensions de la roue dentée 2. En particulier la hauteur de la spire centrale est inférieure à la hauteur de la denture.

[0024] Les moyens de manipulation sont adaptés pour permettre le déplacement vertical de la roue dentée 2 entre 4 positions : une position I de mise en place de la couronne, une position II de chauffe par le dispositif moyenne fréquence 4, une position III de chauffe par le dispositif haute fréquence 5 et une position IV d'immersion dans le bain de trempe 61.

[0025] Cette machine 1 ainsi décrite en regard de la figure 1 permet la mise en oeuvre du procédé détaillé à la figure 2.

[0026] La roue dentée 2 tout d'abord amenée de la position initiale I à la position III, à l'intérieur du dispositif de chauffage haute fréquence 5. Une fois la roue positionnée devant la spire centrale du dispositif 5, une fréquence d'environ 150 kHz est appliquée pendant 2 secondes. Une puissance de l'ordre de 400 kW est alors fournie. Les dents 21 de la roue 2 se trouvent alors portées à environ 1100°C. Tout le temps de ce chauffage haute fréquence, la roue 2 est entraînée en rotation par l'intermédiaire de l'arbre 70 à environ 150 tr/mn et ce, afin d'uniformiser la chauffe sur toute la périphérie de la denture 21.

[0027] Cette première étape de traitement terminée, la roue est ensuite amenée à l'intérieur du dispositif de chauffage moyenne fréquence 4, position II. Une fois la roue positionnée devant la spire centrale du dispositif 4, une fréquence d'environ 2 kHz est appliquée pendant également 2 secondes. Là encore, une puissance de l'ordre de 400kW est fournie. Le fond des dents se trouve à son tour porté à environ 1000°C - 1100°C. Tout le temps de ce chauffage moyenne fréquence, la roue est entraînée en rotation à environ 150 tr/mn et ce afin d'uniformiser la chauffe sur toute la périphérie de la roue.

[0028] Après immobilisation de la roue en rotation cette dernière est immergée, en position IV, dans le bain de trempe 61 pendant 15 à 30 secondes. La roue 2, d'abord immobile, est progressivement entraînée en rotation pour atteindre une vitesse de rotation entre 10 et 20 tr/mn et ce, dans un sens adapté au sens de la denture de façon à forcer le liquide de trempe à circuler du bas vers le haut entre les dents. Ainsi si la denture est à droite, le sens de rotation est le sens horaire. Cette circulation du liquide entre les dents évite les phénomènes de caléfaction et permet une homogénéisation du traitement sur l'ensemble de la denture.

[0029] Cette première gamme de traitement permet une trempe de toutes les dents 21 et également de la roue 2 sur une profondeur d'environ 3 mm en fond de denture

[0030] Après un essorage facultatif de la roue consistant à faire tourner la roue à grande vitesse. On procède à une seconde trempe destinée à créer une zone de revenu sous la denture 21 conférant une certaine ductilité et ce, tout en maintenant une trempe des dents. Ce qui permet d'allier à alois dureté et flexibilité pour la denture 21. Cette seconde trempe commence donc par une nouvelle étape où la roue dentée 2 est tout d'abord amenée à la position II à l'intérieur du dispositif de chauffage moyenne fréquence 4. Une fois la roue positionnée devant la spire centrale du dispositif 4, une fréquence d'environ 1 kHz est appliquée pendant également 2 secondes. Là encore, une puissance de l'ordre de 300kW est fournie. Les dents se trouvent ainsi portées à environ 300°C - 400°C. Tout le temps de ce chauffage moyenne fréquence, la roue est entraînée en rotation à environ 150 tr/mn et ce afin d'uniformiser la chauffe sur toute la périphérie de la roue.

[0031] Après ce préchauffage, la roue est amenée à la position III, à l'intérieur du dispositif de chauffage haute fréquence 5. Une fois la roue positionnée devant la spire centrale du dispositif 5, une fréquence d'environ 150 kHz est appliquée pendant 0,4 seconde. Une puissance de l'ordre de 1000 kW est alors fournie. Les dents 21 de la

roue 2 se trouvent alors portées à environ 1200°C. Tout le temps de ce chauffage haute fréquence, la roue 2 est entraînée en rotation par l'intermédiaire de l'arbre 70 à environ 250 tr/mn et ce, afin d'uniformiser la chauffe sur toute la périphérie de la denture 21.

[0032] Sitôt cette étape de chauffage haute fréquence opérée, la roue est immédiatement immergée dans le bain 61 et ce, pendant un laps de temps suffisant au refroidissement de la roue 2 pour permettre ensuite le transfert de cette dernière hors de la machine 1. Pendant cette phase d'immersion, la roue 2, d'abord immobile, est progressivement entraînée en rotation pour atteindre une vitesse de rotation entre 10 et 20 tr/mn et ce, dans un sens adapté au sens de la denture de façon à forcer le liquide de trempe à circuler du bas vers le haut entre les dents. Ainsi si la denture est à droite, le sens de rotation est le sens horaire. Cette circulation du liquide entre les dents évite les phénomènes de caléfaction.

[0033] Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, il est possible de réaliser un chauffage par induction de roues dentées quelconques quelles soient à chevrons, de type vis sans fin tangentes ou globiques. La présente invention s'applique également aux roues dentées coniques, et aux roues dentées pour lesquelles la denture est située sur une face sensiblement perpendiculaire à l'axe de la roue, les paramètres géométriques définissant le dispositif selon l'invention étant déterminés selon la denture traitée.

[0034] Suivant donc le type de pièce traitée, les différents paramètres du processus de traitement thermique détaillé ci-dessus pourront être ajustés.

Revendications

1. Procédé de traitement thermique pour pièce mécanique de révolution, telle qu'une roue dentée, **caractérisé en ce qu'**il comprend les étapes successives suivantes :

    - chauffage inductif haute fréquence ;
    - chauffage inductif moyenne fréquence ;
    - trempe ;
    - chauffage inductif moyenne fréquence;
    - chauffage inductif haute fréquence ;
    - trempe.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lors de tout ou partie desdites étapes la pièce mécanique est entraînée en rotation.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** lors des étapes de chauffage inductif haute fréquence, ladite fréquence est comprise entre 100 kHz et 300 kHz

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** la durée des étapes de chauffage inductif haute fréquence est comprise entre 0.3 s et 5 s.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** lors des étapes de chauffage inductif moyenne fréquence, ladite fréquence est comprise entre 0.5 kHz et 10 kHz

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** la durée des étapes de chauffage inductif moyenne fréquence est comprise entre 1 s et 10 s.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** lors des étapes de chauffage inductif, la puissance fournie est comprise entre 100 kW et 1500 kW.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** le bain de trempe est formé d'un mélange eau-polymères.

Claims

1. Method of heat treatment for a revolving mechanical component, such as a toothed wheel, **characterised in that** it includes the following successive steps:

    - high-frequency induction heating;
    - medium-frequency induction heating;
    - hardening;
    - medium-frequency induction heating;
    - high-frequency induction heating;
    - hardening.

2. Method according to Claim 1, **characterised in that** during all or some of said steps the mechanical component is driven in rotation.

3. Method according to any one of Claims 1 to 2, **characterised in that** during the steps of high-frequency induction heating, said frequency is comprised between 100 kHz and 300 kHz

4. Method according to any one of Claims 1 to 2, **characterised in that** the duration of the steps of high-frequency induction heating is comprised between 0.3 s and 5 s.

5. Method according to any one of Claims 1 to 2, **characterised in that** during the steps of medium-frequency induction heating, said frequency is comprised between 0.5 kHz and 10 kHz

6. Method according to any one of Claims 1 to 2, **char-**

acterised in that the duration of the steps of medium-frequency induction heating is comprised between 1 s and 10 s.

7. Method according to any one of Claims 1 to 2, **characterised in that** during the steps of induction heating, the power supplied is comprised between 100 kW and 1500 kW.

8. Method according to any one of Claims 1 to 2, **characterised in that** the hardening bath is made of a water-polymer mixture.

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Behandlung für ein mechanisches Rotationsteil wie beispielsweise eines Zahnrads, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die folgenden, aufeinander folgenden Schritte aufweist:

   - induktives Erwärmen mit hoher Frequenz;
   - induktives Erwärmen mit mittlerer Frequenz;
   - Abschrecken;
   - induktives Erwärmen mit mittlerer Frequenz;
   - induktives Erwärmen mit hoher Frequenz;
   - Abschrecken.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mechanische Teil bei allen oder einem Teil der Schritte in Drehung versetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei den Schritten des induktiven Erwärmens mit hoher Frequenz die Frequenz zwischen 100 kHz und 300 kHz beträgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dauer der Schritte des induktiven Erwärmens mit hoher Frequenz zwischen 0,3 und 5 Sekunden liegt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei den Schritten des induktiven Erwärmens mit mittlerer Frequenz die Frequenz zwischen 0,5 kHz und 10 kHz beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dauer der Schritte des induktiven Erwärmens mit mittlerer Frequenz zwischen 1 und 10 Sekunden liegt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei den Schritten des induktiven Erwärmens die Leistung zwischen 100 kW und 1500 kW beträgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abschreckbad aus einer Mischung aus Wasser und Polymeren gebildet ist.

FIG. 1

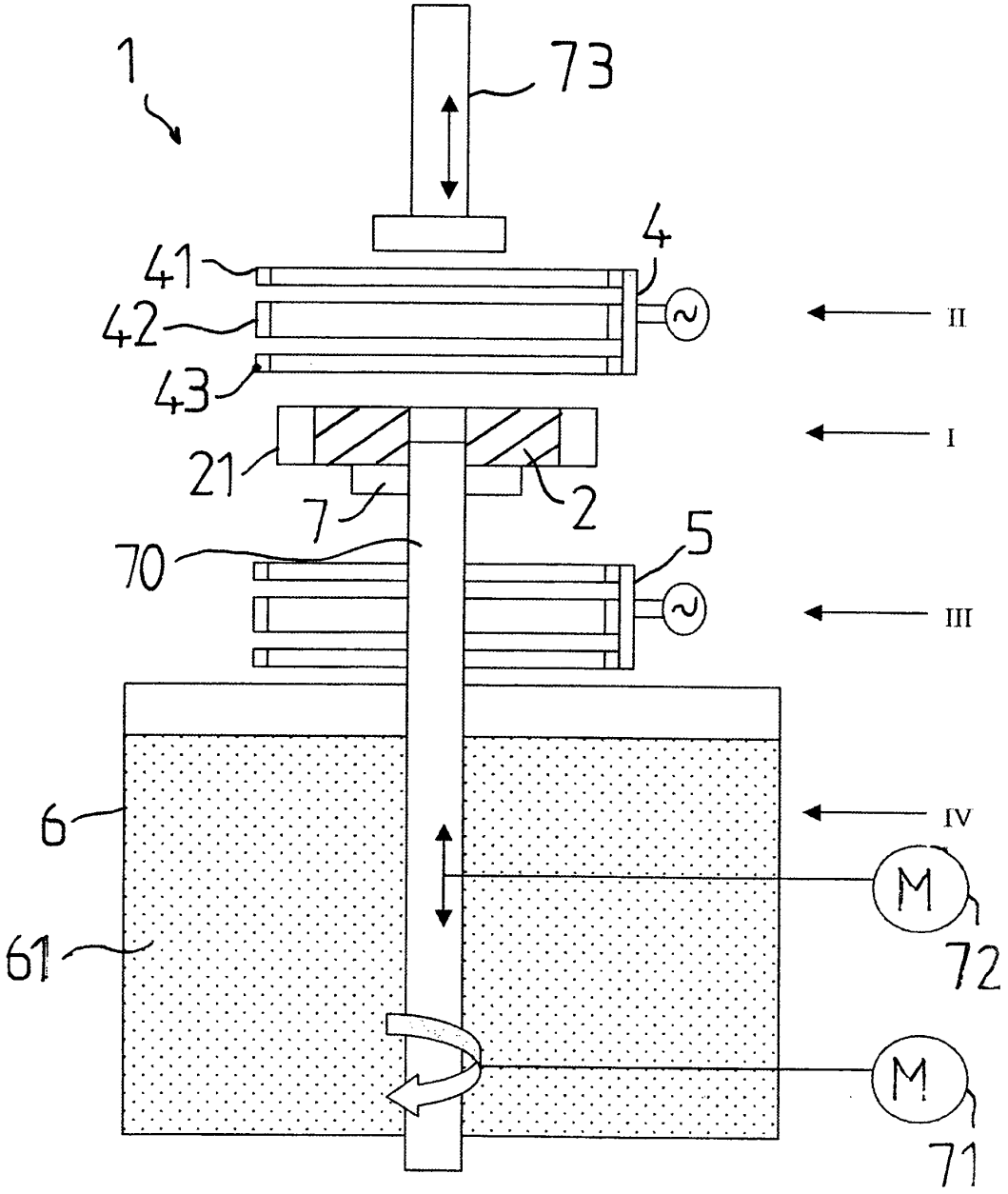
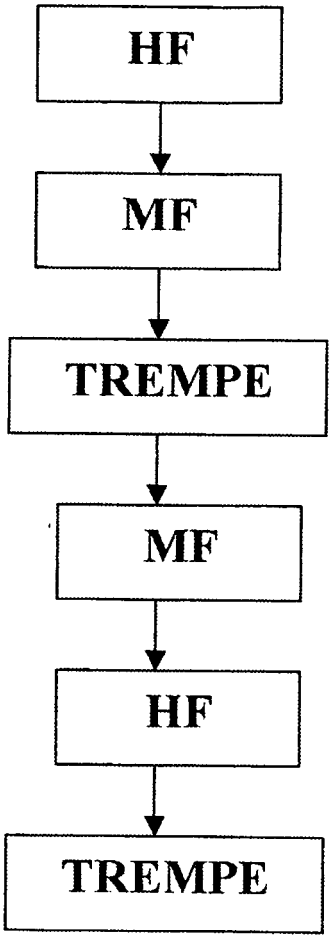


FIG. 2



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

- US 4855556 A **[0003]**