



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 616 969 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

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

(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**

(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**
Etats d'extension désignés:
AL BA HR LV MK YU

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

(71) Demandeur: **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)**

(54) **Procédé de traitement thermique par induction pour pièce mécanique de révolution et dispositif pour sa mise en oeuvre**

(57) 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.

EP 1 616 969 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de traitement thermique et son dispositif pour sa mise en oeuvre destiné à améliorer les propriétés mécaniques d'une pièce mécanique de révolution telle qu'un pignon, ou roue dentée, de boîte de vitesses. L'invention concerne également un dispositif pour la réalisation d'un tel procédé.

[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 carbonituration. 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 carbonituration, 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 tel outil industriel et 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 suivantes :

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

[0006] Selon une autre caractéristique du procédé de traitement selon l'invention, il comprend les étapes additionnelles suivantes :

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

[0007] 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.

[0008] 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

5 **[0009]** 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.

10 **[0010]** 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

15 **[0011]** 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.

20 **[0012]** 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.

[0013] Selon une autre caractéristique du procédé de traitement selon l'invention, le bain de trempe est formé d'un mélange eau-polymères.

25 **[0014]** L'invention concerne également un dispositif de traitement thermique pour la mise en oeuvre d'un tel procédé de traitement d'une pièce mécanique de révolution.

30 **[0015]** Selon l'invention, ce dispositif est caractérisé en ce qu'il comporte des moyens distincts de chauffage par induction, l'un de type moyenne fréquence et l'autre de type haute fréquence, un bac de trempe, des moyens de manipulation de la pièce mécanique permettant son déplacement entre les moyens de chauffage et le bac de trempe, et des moyens de pilotage coordonnant l'ensemble et permettant le déroulement du procédé.

35 **[0016]** Selon une autre caractéristique du dispositif de traitement objet de l'invention, les moyens de chauffage comprennent une spire d'induction principale annulaire, une première et une seconde spires d'induction auxiliaires annulaires disposées de façon coaxiale à la spire principale de part et d'autre de la spire principale, les spires principale et auxiliaires étant connectées à une source d'alimentation en parallèle les unes des autres.

40 **[0017]** 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 :

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

55

[0018] Conformément à la présente invention, 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

[0019] 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.

[0020] Cette machine et plus particulièrement les moyens de chauffage par induction sont reliés à des générateurs électriques appropriés moyenne et haute tension.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] Des moyens de commande appropriés permet-

tent de piloter pour chaque dispositif de chauffe par induction tant la durée, la fréquence que la puissance du courant électrique traversant les spires.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] Cette machine 1 ainsi décrite en regard de la figure 1 permet la mise en oeuvre du procédé détaillé à la figure 2.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] 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 caléfac-

tion et permet une homogénéisation du traitement sur l'ensemble de la denture.

[0033] 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

[0034] 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 la fois dureté et flexibilité pour la denture 21. Cette seconde trempe n'est toutefois pas obligatoire, on peut se contenter de la première trempe.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. en particulier, le dispositif selon l'invention peut être utilisé pour 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.

5 **[0039]** Suivant donc le type de pièce traitée, les différents paramètres du processus de traitement thermique détaillé ci-dessus pourront être ajustés.

10 Revendications

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

- chauffage inductif haute fréquence ;
- chauffage inductif moyenne fréquence ;
- trempe ;
- 20 - 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
 25 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.

9. Dispositif de traitement thermique pour la mise en oeuvre du procédé de traitement d'une pièce méca-

nique de révolution (2) objet des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'il** comporte deux moyens (4,5) distincts de chauffage par induction, l'un de type moyenne fréquence et l'autre de type haute fréquence, un bac de trempe (6), des moyens de manipulation (7,70,71,72,73) de ladite pièce mécanique permettant le déplacement de ladite pièce mécanique (2) entre lesdits moyens de chauffage (4,5) et ledit bac de trempe (6), et des moyens de pilotage coordonnant l'ensemble et permettant le déroulement du procédé. 5 10

10. Dispositif de traitement selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de chauffage (4,5) comprennent une spire d'induction principale annulaire (42), une première et une seconde spires d'induction auxiliaires annulaires (41,43) disposées de façon coaxiale à la spire principale de part et d'autre de la spire principale, lesdites spires principale et auxiliaires étant connectées à une source d'alimentation en parallèle les une des autres. 15 20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

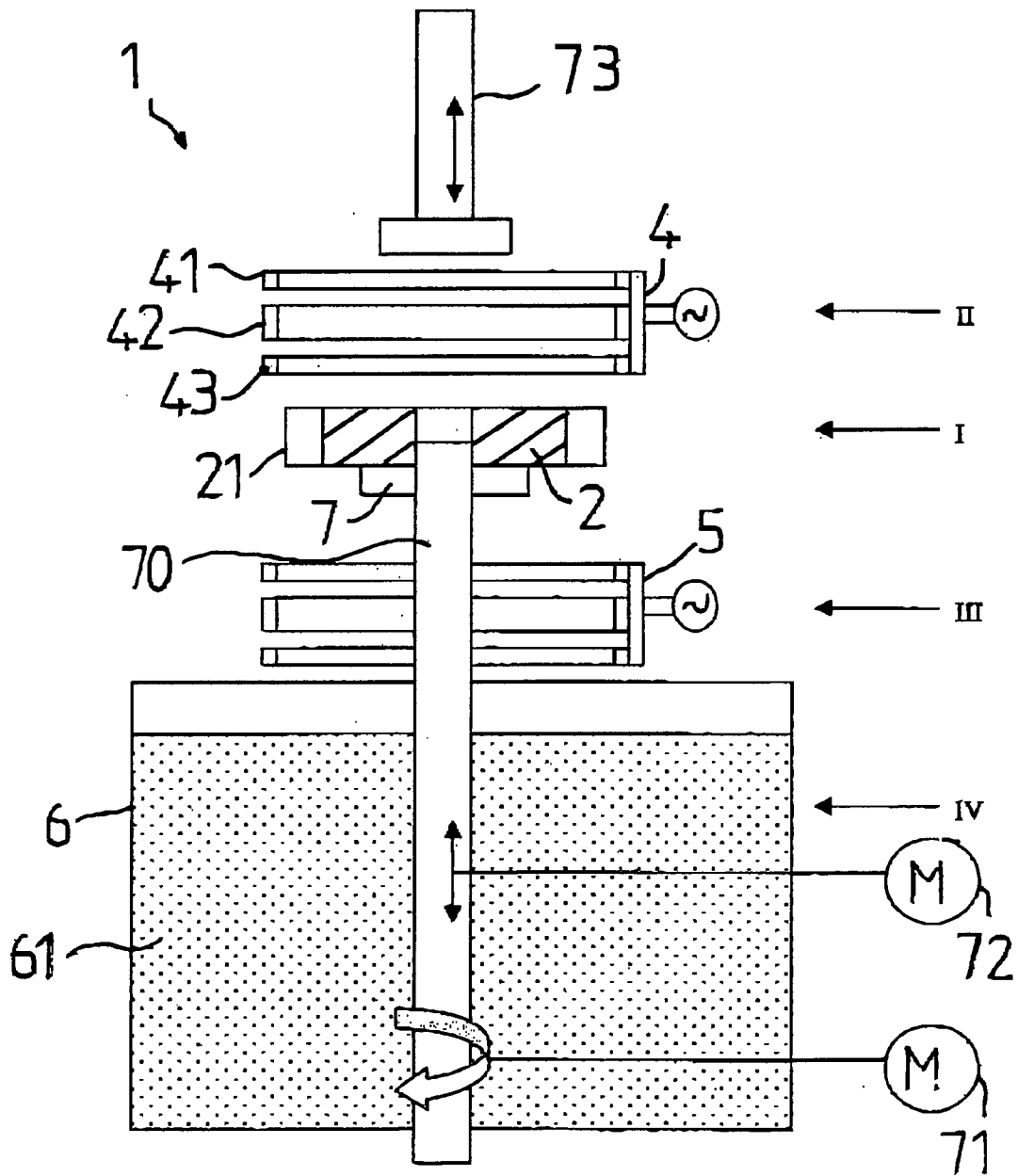
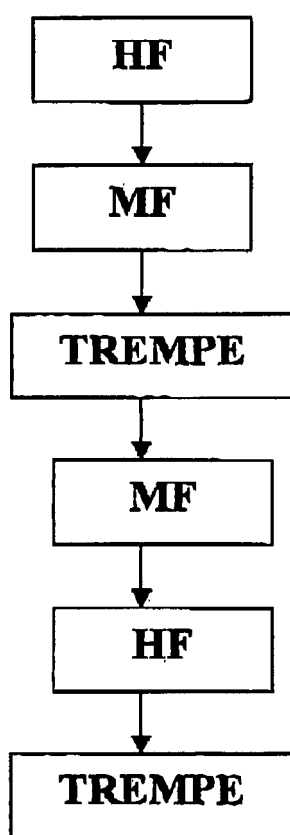


FIG. 2





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
Y	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) * abrégé *	9,10	C21D9/32 H05B6/40 C21D1/42
Y	----- 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) * abrégé *	9,10	
A	----- EP 0 324 721 A (CONTOUR HARDENING INVESTORS LT) 19 juillet 1989 (1989-07-19) * page 5, ligne 23 - ligne 36; figure 2 *	1-10	
A	----- EP 1 029 932 A (RENAULT ; SAET (IT)) 23 août 2000 (2000-08-23) * abrégé; revendication 1 *	1-9	
A	----- FR 2 840 150 A (EFD INDUCTION SA; PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA) 28 novembre 2003 (2003-11-28) * page 7, ligne 15 - ligne 32 *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) C21D H05B
A	----- FR 942 688 A (REGIE NATIONALE DES USINES RENAULT) 15 février 1949 (1949-02-15) * page 2, ligne 42 - ligne 101 *	1-10	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 19 septembre 2005	Examineur González-Junquera, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

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

EP 05 30 0204

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

19-09-2005

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 09118925	A	06-05-1997	AUCUN	
JP 03079725	A	04-04-1991	JP 1807710 C	10-12-1993
			JP 5014766 B	25-02-1993
EP 0324721	A	19-07-1989	AT 113315 T	15-11-1994
			DE 68918957 D1	01-12-1994
			DE 68918957 T2	08-06-1995
			WO 9014743 A1	29-11-1990
			US 4845328 A	04-07-1989
EP 1029932	A	23-08-2000	DE 60009968 D1	27-05-2004
			DE 60009968 T2	24-03-2005
			ES 2222157 T3	01-02-2005
			FR 2790007 A1	25-08-2000
FR 2840150	A	28-11-2003	AU 2003260560 A1	12-12-2003
			EP 1508260 A1	23-02-2005
			WO 03101152 A1	04-12-2003
FR 942688	A	15-02-1949	AUCUN	

EPO FORM P0460

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