

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

2 500 931

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 01769

(54) Procédé et dispositif pour la détection de fissures par magnétoscopie.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 N 27/84.

(22) Date de dépôt..... 30 janvier 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 35 du 3-9-1982.

(71) Déposant : KARL DEUTSCH PRUF- UND MESSGERATEBAU, résidant en RFA.

(72) Invention de : Volker Deutsch.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Gérard Porte,
4, rue de Leningrad, 75008 Paris.

L'invention concerne un procédé pour la formation de traces de fissures d'une orientation quelconque à la surface d'éprouvettes ferro-magnétiques, par magnétoscopie avec poudre magnétique, l'aimantation étant créée par deux champs magnétiques appliqués à l'éprouvette immédiatement l'un après l'autre et dont les vecteurs de champs sont mutuellement à angle droit, un des champs étant obtenu par flux d'imprégnation magnétique, et l'autre par flux de traversée de courant, pendant que l'éprouvette est arrosée d'un adjuvant de détection.

L'invention concerne aussi un dispositif pour la formation de traces de fissures d'une orientation quelconque, sur des éprouvettes en matériau ferro-magnétique, par magnétoscopie avec poudre magnétique, avec au moins un groupe d'aimantation pour le passage du courant dans l'éprouvette, un dispositif pour l'arrosage de l'éprouvette avec l'adjuvant de détection, et un contrôle-commande cadencé qui branche dans une succession immédiate les groupes d'aimantation pour l'imprégnation par le champ d'une part, et pour la traversée par le courant d'autre part, et qui pilote le rythme d'arrosage et l'intensité d'arrosage.

Pour la détection par magnétoscopie de fissures dans les pièces en acier, l'éprouvette est aimantée et arrosée par l'adjuvant de détection qui contient de la poudre aimantée. La poudre aimantée se fixe alors aux endroits où les lignes de force magnétique sortent de l'éprouvette, c'est-à-dire aux bords des fissures dans l'éprouvette. Or, on n'obtient une trace fiable de la fissure que si le flux magnétique comporte une composante majeure à angle droit par rapport à cette fissure. Pour former une trace sur les fissures dans toutes les orientations, il faut ainsi créer dans l'éprouvette au moins deux champs magnétiques formant un angle droit entre eux. A cette fin, on connaît plusieurs procédés et dispositifs.

Ainsi il est possible de créer dans une pièce par exemple dans une première opération à l'aide d'une bobine, un flux magnétique dans le sens axial pour la

détection de fissures orientées transversalement à l'axe. Dans une deuxième opération, la même éprouvette est alors traversée par un courant, qui induit dans l'éprouvette un champ annulaire et qui peut ainsi permettre la détection de fissures longitudinales. Les deux aimantations peuvent être alimentées au choix en courant continu ou en courant alternatif. Pour l'aimantation de pièces d'une forme compliquée, l'aimantation au courant alternatif est préférable à l'aimantation au courant continu. Après l'aimantation au courant alternatif, la désaimantation est aussi plus facile, ce qui est un avantage par rapport à l'aimantation au courant continu.

La réalisation successive des deux aimantations permet une détection optimale des fissures mais elle exige une observation double, étant donné que l'aimantation opérée en deuxième lieu efface les traces de fissures, qui se situent parallèlement au champ, et qui ne sont plus retenues par moyen magnétique.

Pour supprimer cette double observation de la fissuration, on a mis au point des procédés et des dispositifs réalisant les deux aimantations simultanément, en les combinant. Par une alimentation différente des aimantations, on réalise ainsi un vecteur magnétique total qui change périodiquement son orientation, de sorte qu'il se trouve successivement à angle droit par rapport à toutes les fissures. Cet effet peut être obtenu par plusieurs sortes de combinaisons, par exemple par une aimantation par une culasse à courant continu combinée avec une traversée par le courant alternatif et par l'utilisation de deux champs alternatifs déphasés pour l'alimentation des aimantations. Sous réserve d'une bonne sélection de l'arrosage, la perte d'intensité de la trace lors de l'aimantation est négligeable avec les procédés et dispositifs de combinaison connus, alors que le gain sur la durée de la cadence et ainsi sur le débit est considérable. Mais ces appareils d'aimantation sont plus coûteux que les appareils pour les aimantations successives dans le temps, parce que les différents groupes d'aimantation ont un facteur de marche relativement plus

important. Les inconvénients des deux méthodes d'aimantation, à savoir par le champ et par traversée du courant subsistent entièrement par la formation de pôles et d'endroits de brûlures.

5 Selon un autre procédé d'aimantation connu, les deux champs ne sont pas appliqués simultanément à l'éprouvette, mais dans une succession immédiate. On réalise d'abord l'imprégnation par le champ à l'aide d'une culasse à courant continu, et après expiration du 10 délai nécessaire à la formation de la trace, on coupe ce champ et on branche la traversée par le courant, qui de son côté est coupée après le temps d'action nécessaire. En raison de l'utilisation d'une culasse à courant continu pour l'imprégnation par le champ, on obtient pendant 15 un court délai l'effet d'une détection magnétoscopique combinée, étant donné que l'intensité du champ ne s'affaiblit que lentement après la coupure. Ensuite, la traversée par le courant seul est efficace, ce qui permet alors de détecter aussi des fissures dans la région des 20 pôles. Une détection suffisante par ce procédé présuppose cependant un pilotage judicieux du rythme d'arrosage. Au moment où la traversée par le courant est seule opérationnelle, il faut qu'il subsiste encore assez d'adjuvant de détection à la surface pour permettre la détection de 25 fissures entièrement longitudinales, sans pour autant que l'intensité d'arrosage soit trop forte, ce qui risquerait d'enlever les traces sur les fissures transversales qui ont été formées auparavant et qui ne sont plus retenues par moyen magnétique. Si l'on réussit à résoudre ce 30 problème, par exemple à l'aide d'un pilotage de cadence d'un fonctionnement précis, reproductible et pouvant être réglé avec précision, on détecte toutes les fissures et une seule observation suffit; le facteur de marche des deux groupes d'aimantation est relativement plus faible 35 que pour la magnétoscopie combinée; la détection des fissures longitudinales dans les régions polaires est meilleure qu'avec la magnétoscopie combinée, la formation de brûlures est moindre, et l'état d'aimantation de l'éprouvette à la fin de la cadence de détection est

plus favorable, parce qu'il n'y a qu'un champ annulaire, qui ne forme pas de pôles vers l'extérieur. Comme il a déjà été dit, ce procédé présuppose cependant que l'imprégnation par le champ soit alimentée en courant continu,
5 pour pouvoir bénéficier de l'effet d'un affaiblissement lent de l'intensité du champ.

L'invention a pour but de créer un procédé et un dispositif qui permettent d'utiliser par exemple des groupes d'imprégnation par le champ alimentés en courant alternatif, pour détecter les fissures d'une orientation quelconque, en une seule observation, sans pour autant présenter les inconvénients des procédés et dispositifs combinés, c'est-à-dire la nécessité d'employer des appareils d'aimantation relativement coûteux, et le
10 15 risque certain d'une formation de pôles et d'endroits de brûlures.

Le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que l'alimentation du champ magnétique d'imprégnation est faite par un courant continu, dont l'intensité, aussi bien que celle du courant de traversée, s'évanouit
20 25 par un pilotage d'affaiblissement selon une fonction imposée, et cela après un temps d'action aussi réduit que possible pour la formation de traces, le deuxième champ étant appliqué à l'éprouvette peu avant ou au plus tard avec le démarrage de l'affaiblissement du premier champ, l'arrosage étant coupé simultanément ou lorsque le premier champ atteint une intensité minimale pré-réglée, le deuxième champ étant piloté en évanouissement après un temps d'action minimal suffisant pour la formation de traces par les deux champs.
30

Ainsi le dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé est caractérisé en ce qu'il comprend au moins un pilotage d'évanouissement pour l'intensité alimentant le groupe d'imprégnation en courant alternatif et pour le courant de traversée, l'intensité étant pilotée en décroissant selon une fonction préréglée; un pilotage cadencé de l'ordre et de la durée des opérations du ou des pilotages d'évanouissement générant des signaux de pilotage pour le démarrage des opérations d'aimantation
35

et de désaimantation des pilotages d'évanouissement, et pour la mise en marche et l'arrêt de l'imprégnation par le champ et de la traversée par le courant.

D'autres caractéristiques de l'invention ressortiront de la suite de la description.

L'invention sera exposée en détail avec référence à la planche représentant le schéma d'une forme d'exécution de l'invention, donnée à titre d'exemple non limitatif.

- 10 Le dispositif comporte le groupe de traversée par le courant S et le groupe d'imprégnation par le champ F, qui ne sont qu'esquissés schématiquement dans le dessin. Le groupe de traversée par le courant S peut être branché sur les conducteurs du secteur R et S à l'aide de l'appareillage SCHs, le branchement du groupe d'imprégnation par le champ F sur les lignes du secteur R et T étant fait par l'appareillage SCHf. Entre l'appareillage SCHs et les groupes de traversée par le courant, il y a des groupes à thyristors ThS pour la régulation du courant de traversée, la régulation de l'imprégnation par le champ étant faite par des groupes à thyristors ThF, montés en aval de l'appareillage SCHf. Pour le contrôle-commande de la conduction des groupes à thyristors on a prévu un pilotage d'évanouissement AS, qui peut affaiblir la conduction de ces groupes de thyristors selon une fonction imposée, dans le cas présent, une fonction exponentielle. Un pilotage d'évanouissement AF exerce la même fonction pour les groupes à thyristors ThF de l'imprégnation par le champ.
- 30 Le dispositif d'arrosage peut être branché sur le secteur par un appareillage SCHb. Dans le mode de réalisation représenté, il est possible aussi de régler l'intensité de l'arrosage. A cette fin, l'appareillage SCHb est suivi de groupes à thyristors ThB, dont la conduction pilote l'intensité d'arrosage. Le contrôle-commande des groupes à thyristors ThB est obtenu par un pilotage d'évanouissement AB. Un pilotage de la cadence T_s permet de programmer à volonté l'ordre et la durée des opérations des groupes F et S d'imprégnation par le

et champ/ de traversée par le courant et aussi du dispositif d'arrosage B. Il fournit aux appareillages SCHs, SCHf et SCHb les signaux Ss, Sf et Sb, qui provoquent l'action de ces appareillages et ainsi la mise en marche ou respectivement l'arrêt des groupes de fluxage S et F et du dispositif d'arrosage. Le pilotage de la cadence génère aussi d'autres signaux Sas1, Sas2, ou respectivement Saf1, Saf2 pour les pilotages d'évanouissement AS ou respectivement AF, pour le démarrage de l'aimantation et de la désaimantation par le passage par le courant S ou respectivement par l'imprégnation par le champ F. Le démarrage de l'arrosage est déclenché par un signal de pilotage Sab1 fourni par le pilotage de la cadence T_s au pilotage d'évanouissement AB, l'évanouissement de l'arrosage étant démarré par le signal de pilotage Sab2 du pilotage de la cadence T_s .

Dans le cas normal, le dispositif est utilisé selon le procédé suivant :

Après le serrage de l'éprouvette, le signal Sab1 provoque le démarrage de l'arrosage (après la fermeture de l'appareillage SCHb par le signal Sb et la fermeture de l'appareillage SCHf par le signal Sf) et simultanément, le signal Saf1 met en marche l'imprégnation par le champ (démarrage de l'aimantation F).

Après le temps minimal nécessaire pour la formation de la trace, l'appareillage cadencé T_s fournit un autre signal SaF2, agissant sur le pilotage d'évanouissement AF pour affaiblir la conduction des groupes à thyristors ThF (démarrage de la désaimantation F).

L'affaiblissement du champ longitudinal se fait ainsi d'une façon connue selon une fonction exponentielle. Peu avant ou au plus tard avec le démarrage de la désaimantation F (et après la fermeture de l'appareillage SCHs par le signal Sf du pilotage de la cadence T_s)

l'impulsion de démarrage Sas1 pour la traversée par le courant est émise (démarrage de l'aimantation S). A peu près au même instant, mais au plus tard lorsque l'imprégnation par le champ est arrivée à une valeur minimale déterminée, le pilotage de la cadence T_s émet le signal

Sab2 pour l'évanouissement de l'intensité d'arrosage selon une fonction donnée. Dans une forme de réalisation qui ne prévoit pas la possibilité d'un affaiblissement de l'intensité d'arrosage, l'arrosage est coupé par

5 ouverture de l'appareillage SCHb. Après un temps suffisant d'action combinée des deux dispositifs d'aimantation, le signal de démarrage Sas2 pour la mise en route du pilotage d'évanouissement AS de la traversée par le courant est émis (démarrage de la désaimantation S).

10 Après expiration de cette deuxième opération d'évanouissement, les appareillages SCHs, SCHf sont ouverts et aussi SCHb, si cela n'est pas déjà fait auparavant, si bien que la pièce peut être libérée de l'outil de serrage et être retirée pour l'inspection.

15 L'électronique de contrôle-commande peut être constituée de manière à permettre en plus des fonctions déjà mentionnées, un réglage en continu de l'intensité de champ ou respectivement de l'intensité de courant d'aimantation.

20 La durée d'exécution des opérations d'évanouissement n'est pas nécessairement la même pour les deux champs. Ainsi, on peut utiliser un pilotage ralenti, par exemple selon DBP 22 23 439 pour l'évanouissement en premier lieu, et un pilotage plus rapide, alimenté selon 25 50 Hz, pour le deuxième évanouissement.

La durée des différentes opérations doit éventuellement être mise au point par des essais préalables, en fonction des particularités de la pièce. Sous ce rapport la structure de la surface et la viscosité du fluide porteur de l'adjvant de détection peuvent jouer un rôle.

30 Dans ces cas particuliers, l'ordre de l'aimantation peut être modifié de manière à réaliser d'abord le passage par le courant et ensuite l'imprégnation par le champ.

R E V E N D I C A T I O N S

1° - Procédé pour la détection de fissures dans une orientation quelconque à la surface d'éprouvettes ferromagnétiques, par magnétoscopie avec poudre magnétique, l'aimantation étant créée par deux champs magnétiques appliqués à l'éprouvette immédiatement l'un après l'autre et dont les vecteurs de champs sont mutuellement un angle droit, un des champs étant obtenu par flux d'imprégnation de champ magnétique et l'autre par flux de traversée de courant, pendant que l'éprouvette est arrosée par l'adjuvant de détection, caractérisé en ce que l'on utilise pour l'alimentation du champ d'imprégnation, du courant alternatif dont on fait baisser l'intensité, aussi bien que celle du courant de traversée, après un temps minimal d'action nécessaire pour la formation des traces, à l'aide d'un pilotage d'évanouissement (AS,AF) selon une fonction imposée, le deuxième champ étant appliqué peu avant ou au plus tard avec le démarrage de l'évanouissement du champ appliqué en premier lieu à l'éprouvette, en même temps ou lorsqu'une intensité de champ minimal du champ appliqué en premier lieu est atteinte, l'arrosage B étant coupé, ensuite, après le temps d'action minimal des deux champs nécessaires à la formation des traces, le deuxième champ étant affaibli.

2° - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'évanouissement est effectué selon une fonction exponentielle.

3° - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'intensité d'arrosage s'évanouit lors de l'application du deuxième champ ou lorsque le champ appliqué en premier lieu est affaibli jusqu'à une intensité minimale préréglée.

4° - Dispositif magnétoscopique de détection de fissures pour la mise en oeuvre du procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, avec un groupe d'aimantation pour l'imprégnation par le champ et un groupe pour la traversée par le courant et un dispositif pour l'arrosage de l'éprouvette, et avec un pilotage ca-

dencé pour la mise en marche et l'arrêt des groupes de fluxage et du dispositif d'arrosage, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un pilotage d'évanouissement (AS,AF), pour le courant d'alimentation des groupes d'imprégnation par le champ (F) alimenté en courant continu et pour le courant de traversée, qui règle l'évanouissement de l'intensité de courant selon une fonction imposée, et un pilotage de la cadence (T_s) pour la préprogrammation de l'ordre et de la durée des opérations de travail du ou des pilotages d'évanouissement (AS, AF), qui génère des signaux de commande-contrôle (Saf1,Saf2, Sas1, Sas2, Sf, Ss) pour le démarrage des opérations d'aimantation et de désaimantation (AF,AS) et aussi pour la mise en marche et l'arrêt de l'imprégnation par le champ et de la traversée par le courant.

5° - Dispositif magnétoscopique de détection de fissures selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend un pilotage d'évanouissement (AB) pour l'affaiblissement de l'intensité d'arrosage, commandé par les signaux (Sab1, Sab2) du pilotage de la cadence (T_s).

6° - Dispositif magnétoscopique de détection de fissures selon l'une des revendications précédentes 4 et 5, caractérisé en ce qu'il comprend des groupes de thyristors (ThS, ThF, ThB) dans les amenées de courant vers les groupes de fluxage (F, S) et/ou vers le dispositif d'arrosage, dont la conduction est réglable par les pilotages d'évanouissement (AF, AS, AB).

7° - Dispositif magnétoscopique de détection de fissures selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé par des appareillages pour le réglage en continu de l'aimantation dans les pilotages d'évanouissement (AF, AS) ou respectivement dans le pilotage de la cadence (T_s).

8° - Dispositif magnétoscopique de détection de fissures selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que les pilotages d'évanouissement pour l'aimantation (AF, AS) fonctionnent selon une fonction exponentielle.

