

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫ **N° 80 04013**

⑤④ Procédé de détermination des hétérogénéités dans les matériaux magnétiques et dispositif pour sa mise en œuvre.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 N 29/04, 27/83.

②② Date de dépôt..... 22 février 1980.

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 28-8-1981.

⑦① Déposant : VSESOJUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT PO RAZRABOTKE NE-RAZRUSHA-JUSCHIKH METODOV I SREDSTV KONTROLYA KACHESTVA MATERIALOV (VNIINK), résidant en URSS.

⑦② Invention de : M. I. Maizenberg, M. D. Kaplan, St. V. Veremeenko, V. T. Borov, V. Usheroich, P. F. Shapovalov, V. A. Troitsky, P. G. Zhukovsky et I. B. Komsky.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention se rapporte à la technique des ultra-sons et a notamment pour objet un procédé de détermination des hétérogénéités dans les matériaux magnétiques et un dispositif pour la mise en oeuvre dudit
5 procédé.

L'invention peut être utilisée pour le contrôle non destructif de tôles, bandes, tubes, barres et d'autres articles susceptibles d'aimantation directement dans les chaînes de production de ces articles à une vitesse
10 atteignant 10 m/s. Outre cela, l'invention peut être utilisée pour la création de systèmes d'asservissement de la position relative d'un objet à étudier dans divers processus technologiques.

L'invention peut aussi être utilisée pour la
15 réalisation de mesures magnétiques et physico-mécaniques.

Actuellement, parmi les problèmes importants relatifs au contrôle non destructif de la qualité des matériaux, on peut citer celui de la mise au point de procédés de détermination (localisation et estimation)
20 des hétérogénéités dans les matériaux magnétiques, ainsi que de dispositifs pour la mise en oeuvre desdits procédés, permettant d'augmenter le rendement, la sensibilité et la fiabilité du contrôle.

L'application des procédés connus de détermination
25 des hétérogénéités des matériaux magnétiques et des dispositifs pour la mise en oeuvre desdits procédés freine le développement de la technologie et exige la présence de dispositifs et d'équipements onéreux à différents postes de contrôle situés en dehors des chaînes de production.

La nécessité de la mise en oeuvre de nouveaux
30 procédés et dispositifs est due aussi au besoin d'élever la sensibilité aux hétérogénéités des matériaux lors de contrôles à des températures élevées (supérieures à 100°C).

Actuellement, on connaît des procédés de contrôle
35 non destructif consistant à déterminer les hétérogénéités des matériaux magnétiques, ainsi que des dispositifs pour leur mise en oeuvre, qui peuvent être divisés en deux

groupes :

1) procédés de contrôle aux ultra-sons et dispositifs pour leur mise en oeuvre;

5 2) procédés de contrôle magnétique et dispositifs pour la mise en oeuvre de ces procédés.

Dans un procédé du premier groupe, on provoque dans le matériau à étudier des vibrations ultra-sonores qui entrent en interaction avec une hétérogénéité et sont ensuite enregistrées.

10 Un dispositif permettant de mettre en oeuvre un tel procédé de contrôle aux ultra-sons comporte le matériau à étudier, des transducteurs piézo-électriques et des moyens assurant le contact acoustique avec la surface du matériau.

15 Dans un tel dispositif, les vibrations ultra-sonores sont produites par l'intermédiaire de transducteurs piézo-électriques dont le fonctionnement est du type soit à contact, soit à immersion.

20 Il est également possible d'utiliser une variante de ce dispositif, dans laquelle au lieu de transducteurs piézo-électriques, on utilise des transducteurs électromagnéto-acoustiques. Dans ce cas, le dispositif comprend aussi un système d'alimentation et un conducteur de courant parallèle à la surface du matériau à étudier et disposé dans le champ magnétique. Dans cette variante,
25 la production des ultra-sons est due à l'action des oscillations électro-magnétiques émises vers la surface du matériau à étudier par le conducteur traversé par un courant.

30 Lors de l'utilisation du procédé et des dispositifs de ce groupe, il devient nécessaire de créer un contact acoustique entre les transducteurs piézo-électriques et l'article à contrôler et de coller l'élément piézo-électrique à des prismes, ce qui limite la température et
35 la vitesse de contrôle de l'article. L'utilisation, dans le cadre du premier groupe, de transducteurs électromagnéto-acoustiques est limitée par l'insuffisance de leur

sensibilité, qui dépend, en particulier, des caractéristiques concrètes des articles à contrôler, par exemple de leurs constantes de magnétostriction dynamique.

5 Dans un procédé de contrôle magnétique, faisant partie du deuxième groupe, on utilise le phénomène de la distorsion du champ magnétique d'un système d'aimantation en présence d'hétérogénéités dans le matériau à étudier, en enregistrant de ces distorsions locales. Un dispositif mettant en oeuvre ce procédé comprend le matériau à
10 étudier, un système d'aimantation (bobines d'inductance, ferrosondes, dispositifs à effet Hall, etc.), des éléments magnétosensibles et un système d'affichage.

Les procédés et les dispositifs de ce groupe sont caractérisés par une sensibilité peu élevée lors de la
15 détermination des hétérogénéités internes, à cause de leur faible rapport signal/bruit, ce qui, à son tour, est lié à l'impossibilité de séparer le signal utile d'avec le bruit dû à la structure magnétique. Outre cela, lors de l'application d'un tel procédé, on se heurte, dans le
20 dispositif connu, à des difficultés de conversion des champs magnétiques continus, dus aux hétérogénéités, en signaux de haute fréquence (en cas d'utilisation de bobines d'inductance, de ferrosondes, etc.).

Il est connu un procédé de détection des hétéro-
25 génités dans les matériaux magnétiques au moyen de champs magnétiques de diffusion et un dispositif pour la mise en oeuvre dudit procédé.

Le procédé consiste à placer le matériau à
contrôler dans un champ magnétique continu, qui, en
30 présence d'une hétérogénéité locale du matériau, subit une distorsion partielle et apparaît au-dessus de la surface de l'article, c'est-à-dire qu'il apparaît un champ magnétique de diffusion.

Le dispositif utilisé pour la mise en oeuvre dudit
35 procédé comporte un matériau magnétique, un système d'aimantation consistant en un aimant permanent ou un électro-aimant, un élément magnéto-sensible convertissant

le champ local dû à une hétérogénéité en un signal électrique, un amplificateur et un système d'enregistrement.

Lors de la mise en oeuvre de ce procédé, il se produit dans le dispositif, à proximité de la zone d'hétérogénéité, une modification de la répartition du champ magnétique, qui est détectée par l'élément magnétosensible.

L'application desdits procédé et dispositif est limitée par leur basse sensibilité aux hétérogénéités internes et par leur faible fiabilité, ce qui est la conséquence d'un faible rapport "signal/bruit".

On connaît aussi un procédé de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, consistant à disposer le matériau à étudier dans un champ magnétique, à soumettre à des vibrations la surface du milieu magnétostrictif se trouvant à proximité de la zone d'hétérogénéité des matériaux, et à enregistrer les signaux apparaissant à la suite de la conversion électro-magnétoacoustique dans le milieu. Selon ce procédé, la surface du matériau à étudier, qui est un milieu magnétostrictif, est soumise à l'action de vibrations ultra-sonores.

Les vibrations ultra-sonores se propagent dans le matériau magnétique et entrent en interaction avec l'hétérogénéité, à la suite de quoi il se produit une conversion électro-magnétoacoustique déterminée par la magnétostriction, c'est-à-dire que les vibrations ultra-sonores modulent les champs magnétiques continus dus aux hétérogénéités à la fréquence des ultra-sons, en les transformant en champs magnétiques alternatifs, qui sont enregistrés.

Il est connu un dispositif pour la détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, permettant de mettre en oeuvre le procédé ci-dessus comportant un système d'aimantation dont le flux magnétique passe à travers un milieu magnétostrictif se trouvant à proximité de la zone des hétérogénéités du matériau. Le dispositif comprend également deux transducteurs disposés sur la

surface du milieu magnétostrictif et électriquement reliés à un générateur d'impulsions radio principal et à un amplificateur principal branché sur un indicateur. Dans ce dispositif connu, l'un des transducteurs est piézo-
5 électrique et est branché sur le générateur d'impulsions radio principal, l'autre transducteur étant réalisé sous forme d'une bobine d'inductance et étant connecté à l'amplificateur principal.

10 Le générateur d'impulsions radio principal excite le transducteur piézo-électrique, qui émet dans le matériau à étudier des vibrations ultra-sonores qui transforment les champs magnétiques continus dus aux hétérogénéités en champs alternatifs perçus par la bobine d'inductance, amplifiés et enregistrés.

15 L'utilisation de ce procédé connu de détermination des hétérogénéités et du dispositif pour sa mise en oeuvre est limitée par l'impossibilité de déterminer les hétérogénéités internes. Cela est dû au fait que les champs magnétiques alternatifs dus à une hétérogénéité interne
20 sont blindés à la suite de l'effet de peau. Outre cela, le procédé en question permet d'étudier les matériaux dont les valeurs des constantes de magnétostriction dynamique sont suffisamment élevées, ce qui réduit la gamme des objets pouvant être contrôlés. En cas d'utilisa-
25 tion, dans le dispositif, de transducteurs piézo-électriques, il est nécessaire d'assurer un contact acoustique de ces transducteurs avec le matériau à contrôler, ce qui, à son tour, conduit à une limitation de la vitesse de contrôle du matériau à étudier, ainsi que des températures
30 auxquelles il peut être efficace.

L'invention vise un procédé de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, dans lequel l'action des vibrations sur le matériau à étudier serait exercée de manière à permettre de déterminer tant les
35 hétérogénéités externes que les hétérogénéités internes des matériaux, d'effectuer le contrôle d'une large gamme de matériaux avec une haute sensibilité, une grande

fiabilité et avec un rendement élevé. L'invention vise aussi un dispositif servant à déterminer les hétérogénéités des matériaux magnétiques en mettant en oeuvre ledit procédé, et qui aurait une construction suffisamment simple, serait sûr en exploitation et posséderait une haute immunité aux bruits.

Le but visé est atteint à l'aide d'un procédé de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, consistant à placer le matériau à étudier dans un champ magnétique, à soumettre à l'action de vibrations la surface du milieu magnétostrictif se trouvant à proximité de la zone d'hétérogénéités du matériau, et à enregistrer les signaux apparaissant à la suite de la conversion électromagnéto-acoustique dans le milieu, ledit procédé étant, selon l'invention, caractérisé en ce qu'en tant que vibrations on utilise des vibrations ultra-sonores dont le vecteur de polarisation comprend une composante normale à la surface du milieu magnétostrictif, ou des vibrations électro-magnétiques dont le vecteur de polarisation est perpendiculaire au vecteur du champ magnétique, ou bien on utilise simultanément des vibrations ultra-sonores et électromagnétiques polarisées de la manière mentionnée.

Il est souhaitable de réaliser la conversion électromagnéto-acoustique des vibrations ultra-sonores ou des oscillations électromagnétiques ou, simultanément, des oscillations électromagnétiques et des vibrations ultra-sonores de polarisation choisie, dans un champ magnétique dont l'intensité correspond à la valeur maximale de la constante de magnétostriction dynamique dans le matériau étudié.

Il est désirable d'utiliser en tant que milieu magnétostrictif une couche intermédiaire disposée à proximité du matériau à étudier et sur laquelle on fait agir les vibrations ultra-sonores ou électromagnétiques, ou bien, simultanément, les vibrations ultra-sonores et électromagnétiques.

Il est préférable d'utiliser en tant que couche

intermédiaire un matériau dont la constante de magnétostriction dynamique n'est pas inférieure à celle d'un alliage connu sous la dénomination commerciale "Permendur".

5 Il est avantageux que l'épaisseur de la couche intermédiaire, pour une fréquence donnée des vibrations ultra-sonores ou électromagnétiques, ou, simultanément, des vibrations ultra-sonores et électromagnétiques, soit choisie d'après les courbes de dispersion dans ladite
10 couche des ondes ultra-sonores ayant une composante normale à cette couche.

Il est rationnel que la couche intermédiaire soit en plus aimantée au moins dans la zone d'enregistrement de sorte que les lignes de force du champ magnétique supplémentaire soient perpendiculaires à la surface de la
15 couche.

Il est souhaitable, dans le cas d'une action exercée sur la couche intermédiaire au moyen de vibrations ultra-sonores, qu'à proximité de ladite couche soit disposée une couche intermédiaire analogue, et que du côté
20 opposé à la zone d'action des vibrations ultra-sonores sur la première couche intermédiaire soient enregistrées les vibrations ultra-sonores produites dans l'autre couche intermédiaire par les vibrations électromagnétiques formées dans la couche intermédiaire au voisinage de la zone de
25 l'hétérogénéité dans le matériau à étudier.

Il est avantageux que l'enregistrement des vibrations ultra-sonores dans l'autre couche intermédiaire soit en outre effectué dans la zone se trouvant du côté opposé à la zone d'enregistrement dans cette même couche inter-
30 médiaire.

Le problème exposé plus haut est aussi résolu à l'aide d'un dispositif servant à déterminer les hétérogénéités des matériaux magnétiques conformément au procédé, objet de l'invention, et comportant un système d'aimantation
35 dont le flux magnétique passe à travers le milieu magnétostrictif se trouvant à proximité de la zone d'hétérogénéités du matériau, et deux transducteurs montés sur la surface

du milieu magnétostrictif et reliés électriquement à un générateur d'impulsions radio principal et à un amplificateur principal branché sur un indicateur, ledit dispositif étant, selon l'invention, caractérisé en ce qu'il comporte

5 un générateur d'impulsions radio supplémentaire, un amplificateur supplémentaire et un dispositif de commutation, reliés électriquement entre eux de sorte qu'en cas d'action, sur le milieu magnétostrictif, de vibrations électromagnétiques ou ultra-sonores, l'un des

10 transducteurs soit branché à travers le dispositif de commutation sur le générateur d'impulsions radio principal et que l'autre transducteur soit relié, lui aussi à travers le dispositif de commutation, à l'amplificateur principal, et dans le cas d'une action simultanée, sur

15 ledit milieu, de vibrations électromagnétiques et ultra-sonores, l'un des transducteurs soit relié par l'intermédiaire du dispositif de commutation au générateur d'impulsions radio principal et à l'amplificateur supplémentaire, et que l'autre transducteur soit branché,

20 lui aussi par l'intermédiaire du dispositif de commutation, sur le générateur de radio-impulsions supplémentaire et sur l'amplificateur principal.

Il est souhaitable que le milieu magnétostrictif soit réalisé sous forme d'une plaque disposée à proximité

25 de la surface du matériau à étudier.

Il est avantageux qu'en cas d'action simultanée, sur la plaque, de vibrations électromagnétiques et ultra-sonores, ladite plaque ait la forme d'un disque et que l'un des transducteurs soit disposé au centre dudit disque.

Il est rationnel que le dispositif comporte un

30 compteur d'impulsions et un comparateur branchés en parallèle sur l'amplificateur principal.

Il est préférable que, dans le cas où le matériau à étudier comporte au moins une courbure, la surface de la

35 plaque soit congruente à la surface du matériau à étudier et que l'un des transducteurs soit réalisé sous forme d'au moins un solénoïde embrassant la plaque à l'endroit de la

courbure.

Il est avantageux que le dispositif comprenne un électro-aimant réglable monté à proximité de l'un des transducteurs de manière que les lignes de force du champ magnétique engendré par l'électro-aimant réglable soient perpendiculaires à la surface de la plaque dans la zone d'emplacement dudit convertisseur.

Il est souhaitable, qu'en cas d'action, sur le milieu magnétostrictif, de vibrations ultra-sonores, qu'à proximité de la plaque soit disposée d'une manière coplanaire une autre plaque identique sur laquelle est monté un autre transducteur, du côté opposé au transducteur se trouvant sur la plaque la plus proche du matériau à étudier.

Il est avantageux que dans le dispositif soit prévu un mesureur d'intervalles de temps branché sur l'amplificateur supplémentaire, et encore un transducteur monté sur l'autre plaque, du côté opposé au transducteur monté sur la même plaque, et relié à travers le dispositif de commutation à l'amplificateur supplémentaire.

Le procédé proposé de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques et le dispositif pour la mise en oeuvre dudit procédé permettent d'effectuer un contrôle des hétérogénéités réparties dans toute l'épaisseur du matériau à contrôler avec une sensibilité et une fiabilité élevées. Il devient ainsi possible d'effectuer le contrôle de matériaux magnétiques ayant diverses constantes de magnétostriction à des températures élevées (supérieures à 100°C) et d'obtenir une productivité élevée (jusqu'à 10 m/s) sans balayage du matériau à contrôler. Le procédé et le dispositif proposés peuvent être utilisés dans les chaînes technologiques de production de tôles, de tubes, de barres, de fil, etc. Le dispositif utilisé pour la mise en oeuvre dudit procédé est de construction suffisamment simple, d'exploitation fiable et peut fonctionner en association avec n'importe quel détecteur de défauts par ultra-sons disponible sur le marché, dans des conditions de production industrielle à

haut niveau de bruits.

L'invention sera mieux comprise et d'autres buts, détails et avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lumière de la description explicative qui va suivre de différents modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, avec références aux dessins non limitatifs annexés dans lesquels :

10 - la figure 1 représente le schéma synoptique d'un dispositif conforme à l'invention pour la détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, mettant en oeuvre le procédé revendiqué, avec utilisation, en tant que milieu magnétostrictif, du matériau à étudier;

15 - la figure 2 montre la position des contacts des commutateurs du dispositif de commutation représenté sur la figure 1 en cas d'action, sur le milieu magnétostrictif, de vibrations ultra-sonores;

20 - la figure 3 montre la position des contacts des commutateurs en cas d'action, sur le milieu magnétostrictif, d'oscillations électromagnétiques;

20 - la figure 4 montre la position des contacts des commutateurs en cas d'action simultanée, sur le milieu magnétostrictif, de vibrations électromagnétiques et ultra-sonores;

25 - la figure 5 représente une courbe type de variation de la constante dynamique relative de magnétostriction en fonction de l'intensité du champ magnétique ;

- la figure 6 représente une variante du dispositif conforme à l'invention en cas d'utilisation d'une plaque en tant que milieu magnétostrictif;

30 - la figure 7 représente les courbes de dispersion types pour des ondes ultra-sonores normales dans la couche normale ;

- la figure 8 est une vue similaire à celle de la figure 6, en cas de réalisation de la plaque sous forme d'un disque;

35 - la figure 9 indique la position des contacts des

commutateurs pour le cas où ladite plaque a la forme d'un disque;

5 - la figure 10 est une vue similaire à celle de la figure 6, mais en cas de contrôle d'un matériau ayant une surface curviligne et de prémagnétisation de la plaque à l'aide d'un électro-aimant;

10 - la figure 11 montre une variante du dispositif conforme à l'invention en cas d'utilisation, en tant que milieu magnétostrictif, de deux plaques coplanaires;

15 - la figure 12 montre la position des contacts des commutateurs du dispositif de commutation lors du fonctionnement du dispositif représenté sur la figure 11.

20 Le procédé de détermination (de localisation et d'estimation) des hétérogénéités des matériaux magnétiques consiste à placer le matériau à étudier dans un champ magnétique, à soumettre la surface du milieu magnétostrictif, se trouvant à proximité de la zone des hétérogénéités du matériau, à l'action de vibrations ultrasonores dont le vecteur de polarisation comporte une composante normale à la surface du milieu magnétostrictif, ou à l'action d'oscillations électromagnétiques dont le vecteur de polarisation est perpendiculaire au vecteur du champ magnétique, ou bien à l'action simultanée d'oscillations électromagnétiques et de vibrations ultrasonores polarisées de la manière mentionnée, et à enregistrer les signaux apparaissant par suite de la conversion électro-magnéto-acoustique dans le milieu.

25 Le dispositif pour la détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, permettant de mettre en oeuvre le procédé conforme à l'invention, comporte un système d'aimantation 1 (figure 1) dont le flux magnétique passe à travers un milieu magnétostrictif 2 se trouvant à proximité d'une zone d'hétérogénéités 3 du matériau.

30 Dans la variante considérée du dispositif, le milieu 2 est le matériau à étudier (dans ce qui suit, le matériau magnétique sera désigné par le chiffre de

référence 2). Le dispositif comprend également un générateur d'impulsions radio principal 4 et un amplificateur principal 5, ainsi qu'un générateur d'impulsions radio supplémentaire 6 et un amplificateur supplémentaire 7 branchés sur un 5 dispositif de commutation 8. Les amplificateurs 5,7 sont connectés à un indicateur 9. Sur la surface du matériau magnétique 2 sont montés deux convertisseurs 10,11 branchés sur le dispositif de commutation 8. Dans le cas considéré, le dispositif de commutation 8 est réalisé sous forme d'un 10 jeu de commutateurs à trois positions A, B, C, D branchés respectivement, sur les générateurs principal et supplémentaire 4, 6 et sur les amplificateurs 5, 7 et ayant les positions de travail I-II. Toutefois, le dispositif de commutation peut aussi être réalisé à base de relais 15 polarisés et d'autres éléments de commutation. Dans la variante considérée, le transducteur 10 est un transducteur piézo-électrique et le transducteur 11 est une bobine d'inductance plate. Toutefois, dans d'autres variantes du dispositif, les transducteurs peuvent être électro-magnéto- 20 acoustiques.

Le procédé de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, en cas d'action, sur le milieu magnétostrictif, de vibrations ultra-sonores, est mis en oeuvre dans le dispositif (figure 1) dont la position des 25 commutateurs A, B, C, D du dispositif de commutation 8 est conforme au tableau représenté sur la figure 2.

Sur la figure 2 et sur les figures analogues, le signe "+" correspond à un contact fermé, et le signe "-", à un contact ouvert.

30 Le transducteur 10 est branché à travers le dispositif de commutation 8 sur le générateur principal 4, tandis que le transducteur 11 est relié à l'amplificateur principal 5.

Lors de l'aimantation du matériau à contrôler 2, 35 en présence d'hétérogénéités 3, apparaît un champ magnétique de diffusion. A l'aide du générateur principal 4 le transducteur 10 engendre dans le matériau magnétique 2 des

vibrations ultra-sonores dont le vecteur de polarisation comporte une composante normale à la surface du matériau magnétique 2.

Lors du balayage de la surface du matériau à
5 étudier 2 par les transducteurs 10, 11, par suite de l'effet
de magnétostriction, les vibrations ultra-sonores modulent
les champs magnétiques continus dus à l'hétérogénéité 3,
en les convertissant en oscillations électromagnétiques
qui sont détectées par le transducteur 11 et amplifiées
10 par l'amplificateur principal 5, à partir duquel lesdites
vibrations sont appliquées à l'indicateur 9.

Le choix d'une telle polarisation des vibrations
ultra-sonores s'explique par les raisons suivantes. Lors
du contrôle du matériau 2 possédant une hétérogénéité
15 interne 3, le champ magnétique de diffusion est dû à la
présence de "charges magnétiques" efficaces qui se forment
dans la zone de l'hétérogénéité 3. Comme déjà mentionné,
les vibrations ultra-sonores, grâce à la magnétostriction,
modulent la densité des "charges magnétiques" et, par
20 conséquent, le champ créé par celles-ci. Cependant, si
l'hétérogénéité 3 est suffisamment éloignée de la surface
du matériau à contrôler 2, c'est-à-dire si elle se trouve
à une distance supérieure à l'épaisseur de la couche
superficielle du courant, dans laquelle se produit une
25 atténuation des vibrations électromagnétiques, le signal
utile n'est pas détecté par le transducteur 11. La détec-
tion des hétérogénéités internes 3 disposées à une
profondeur supérieure à l'épaisseur de la couche super-
ficielle du courant est quand même possible, étant donné
30 que le champ magnétique engendré à l'intérieur du matériau
à contrôler 2 par les "charges magnétiques" dues à
l'hétérogénéité 3 forme sur la surface de ce dernier des
"charges magnétiques" secondaires. La modulation ultra-
sonore des "charges " secondaires assure l'émission de
35 vibrations électromagnétiques détectées par le trans-
ducteur 11. Mais la modulation des "charges" secondaires
superficielles, vu le caractère longitudinal de la

magnétostriction dans le matériau à contrôler 2, ne peut être effectuée qu'à l'aide de vibrations acoustiques dont le vecteur de polarisation comprend une composante normale à la surface du matériau magnétique 2. Ainsi, par exemple, 5 les ondes longitudinales se propageant parallèlement à la surface du matériau 2 et dont la composante normale du vecteur de polarisation est égale à zéro, n'assurent pas la modulation requise. Au contraire, les ondes de Rayleigh superficielles qui comportent une composante de polarisation 10 normale à la surface permettent la détection des hétérogénéités 3. C'est aussi le cas des ondes normales dans les milieux limités qui présentent, dans le cas général, la composante de polarisation requise. Ainsi, le choix indiqué de la polarisation des vibrations ultra-sonores assure la 15 détermination des hétérogénéités internes 3.

Le procédé de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, selon l'invention, en cas d'action, sur le milieu magnétostrictif, de vibrations électromagnétiques, est réalisé dans un dispositif (figure 1) dans 20 lequel la position des contacts des commutateurs A, B, C, D du dispositif de commutation 8 est celle montrée sur la figure 3.

Dans ce cas le transducteur 11 est connecté au générateur principal 4, et le transducteur 10 est branché 25 sur l'amplificateur principal 5.

Lors du balayage de la surface du matériau à étudier 2 par les transducteurs 10, 11, le transducteur 11 émet par l'intermédiaire du générateur principal 4 des vibrations électromagnétiques qui, en présence d'un champ 30 magnétique dû à l'hétérogénéité 3 et par suite de l'effet magnétostrictif, engendrent dans le matériau à contrôler 2 des vibrations ultra-sonores qui sont détectées par le transducteur 10, amplifiées par l'amplificateur principal 5 et appliquées à l'indicateur 9. Le choix d'une polarisation 35 du champ électromagnétique pour laquelle le vecteur du champ d'aimantation continu est perpendiculaire au vecteur du champ magnétique alternatif dans l'onde électromagnétique,

conduit à ce qu'en cas d'absence d'une hétérogénéité 3 dans le matériau à contrôler 2, les ultra-sons ne sont pas engendrés. En cas de présence d'une hétérogénéité 3, la répartition du champ magnétique dans le matériau à

5 contrôler 2 se modifie. En particulier, apparaissent des composantes du champ magnétique qui étaient absentes, ce qui rend possible la production d'ultra-sons. Il est à noter que si l'on choisit une polarisation de l'onde électromagnétique différente de celle décrite ci-dessus

10 et pour laquelle la production d'ultra-sons est possible même en l'absence d'une hétérogénéité 3, l'apparition d'une hétérogénéité 3 provoque une modification de l'amplitude des ultra-sons. D'après cette modification on peut déterminer la présence d'une hétérogénéité 3, mais

15 dans ce cas le rapport "signal utile/bruit" s'altère considérablement. Le procédé décrit permet de déterminer tant les hétérogénéités externes que les hétérogénéités internes. Il est à noter que l'amplitude de l'ultra-son d'après laquelle on détermine la présence d'une hétérogénéité 3 selon le procédé conforme à l'invention est

20 supérieure à l'amplitude du signal acoustique utile dans les procédés connus, étant donné que l'onde acoustique à détecter n'est pas le résultat de la diffusion des ultra-sons sur l'hétérogénéité 3, comme c'est le cas dans les

25 procédés connus. Outre cela, dans le procédé décrit, le diagramme de directivité des ultra-sons produits sur l'hétérogénéité 3 peut être formé par le transducteur 11, de sorte que le transducteur 10, qui détecte les vibrations acoustiques, se trouve dans la zone de rayonnement maximum.

30 En même temps, dans les procédés et dispositifs connus, le diagramme de directivité des ultra-sons diffusés est formé par l'hétérogénéité 3 dont le sens d'orientation et les dimensions ne sont pas connus au préalable, et de ce fait, n'est détectée ordinairement qu'une partie insignifiante

35 de l'énergie acoustique de diffusion.

Le procédé de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, selon l'invention, en cas d'action,

sur le milieu magnétostrictif, simultanément de vibrations électromagnétiques et ultra-sonores, est mis en oeuvre dans un dispositif (figure 1) dans lequel la position des commutateurs A, B, C, D du dispositif de commutation 8 est
5 celle représentée sur la figure 4.

Dans ce cas, le transducteur 10 est branché sur le générateur principal 4 et sur l'amplificateur supplémentaire 7, et le transducteur 11 est connecté à l'amplificateur principal 5 et au générateur supplémentaire 6.
10 Lors du balayage de la surface du matériau à étudier 2 à l'aide des transducteurs 10, 11, le transducteur 10, par l'intermédiaire du générateur principal 4, engendre dans le matériau à contrôler 2 des vibrations ultra-sonores de polarisation indiquée plus haut, qui, en présence d'une
15 hétérogénéité 3, convertissent les champs magnétiques statiques de l'hétérogénéité 3 en oscillations électromagnétiques qui sont détectées par le transducteur 11. Lesdites oscillations sont amplifiées par l'amplificateur principal 5 et appliquées ensuite à l'indicateur 9.
20 Simultanément avec ce processus se déroule le processus suivant. Au moyen du générateur supplémentaire 6, le transducteur 11 agit sur le matériau magnétique 2 par des vibrations électromagnétiques de polarisation déterminée, comme indiqué plus haut. En présence d'une hétérogénéité 3,
25 dans le matériau à contrôler 2 sont engendrées des vibrations acoustiques qui sont détectées par le transducteur 10 et transmises par celui-ci successivement à l'amplificateur supplémentaire 7 et à l'indicateur 9.

L'utilisation simultanée de vibrations électromagnétiques et ultra-sonores en tant que vibrations
30 agissant sur le milieu magnétostrictif permet d'obtenir durant un même intervalle de temps deux signaux utiles, ce qui augmente la fiabilité et améliore la protection contre les bruits.

35 Lorsqu'on détermine les hétérogénéités des matériaux magnétiques en utilisant le procédé décrit ci-dessus, il est indispensable, comme il a été déjà indiqué,

d'assurer une conversion électro-magnéto-acoustique des vibrations polarisées d'une manière déterminée sur la surface du matériau subissant le contrôle, ladite conversion électro-magnéto-acoustique étant conditionnée par la magnétostriction. Il s'ensuit qu'une interaction directe entre les vibrations et l'hétérogénéité n'est pas obligatoire. Ce fait signifie, en particulier, que lors du choix de la fréquence des vibrations selon ce procédé, il n'est pas nécessaire de respecter le rapport $f \ll L$, qui est obligatoire pour les méthodes ultra-sonores connues (f étant la fréquence des vibrations, et L, la dimension caractéristique du grain du matériau).

D'autre part, il est connu que le contrôle des matériaux à gros grains est très compliqué, à cause de la diffusion des ultra-sons sur les grains, qui augmente avec l'élévation de la fréquence f. Ainsi, en choisissant, lors de l'utilisation du procédé décrit, la fréquence f des vibrations conformément à l'inégalité :

$$f < \frac{C_f}{L}$$

où f est la fréquence des vibrations,

C_f est la vitesse de phase de propagation des ultra-sons dans le matériau à étudier, il devient possible de réduire sensiblement les bruits dus à la structure du matériau et d'effectuer le contrôle de matériaux à gros grains.

La modulation par ultra-sons des champs magnétiques continus des hétérogénéités, ainsi que la génération d'ultra-sons par les vibrations électromagnétiques en présence d'une hétérogénéité, résultent du caractère magnétostrictif du milieu. En cas d'action, sur le milieu magnétostrictif, de vibrations ultra-sonores, la conversion se produit par suite d'un effet magnétostrictif inverse, tandis qu'en cas d'action exercée par les vibrations électromagnétiques, la production d'ultra-sons est due à un effet magnétostrictif direct. Outre cela, il est connu que pour la plupart des métaux magnétiques, en particulier

pour les aciers magnétiques, les extremums des constantes de magnétostriction dynamique directe et inverse dépendent de la valeur de l'intensité du champ magnétique continu. La figure 5 représente une relation type entre la constante dynamique directe relative de la magnétostriction $\lambda / \lambda_{\max}^0$ (portée sur l'axe des ordonnées) et la valeur H (en Oe) de l'intensité du champ magnétique (portée sur l'axe des abscisses), où λ_{\max}^0 est la valeur maximale de la constante dynamique directe de la magnétostriction. Il en résulte qu'en cas d'utilisation du procédé proposé, la valeur de l'intensité du champ magnétique doit être choisie de façon à obtenir la valeur maximale nécessaire de la constante dynamique de la magnétostriction, ce qui correspond aux conditions optimales de la conversion électro-magnéto-acoustique. En même temps, dans le procédé magnétique connu de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, on utilise les valeurs maximales possibles des champs magnétiques, même jusqu'à la saturation du matériau magnétique. Ainsi, la valeur optimale de l'intensité H du champ magnétique dans le procédé décrit (de l'ordre de quelques unités et quelques dizaines d'oersteds) est sensiblement inférieure aux valeurs correspondantes de l'intensité H ($\sim 10^3$ à 10^5 Oe) dans le procédé donné. Il en résulte qu'en choisissant la valeur de l'intensité du champ magnétique de façon à obtenir la valeur maximale de la constante de magnétostriction dynamique et en assurant ainsi une efficacité maximale de la transformation, il devient possible en même temps de rendre moins sévères les exigences de construction imposées au système d'aimantation, étant donné que les valeurs requises de l'intensité des champs sont réduites.

La figure 6 représente une variante de réalisation du dispositif servant à déterminer les hétérogénéités des matériaux magnétiques, dans lequel on utilise en tant que milieu magnétostrictif une couche intermédiaire 12 réalisée sous forme d'une plaque (dans ce qui suit, ladite plaque sera désignée par le chiffre de référence 12).

Le procédé de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, selon l'invention, en cas d'utilisation en tant que milieu magnétostrictif, d'une couche intermédiaire disposée à proximité du matériau à étudier sur lequel on fait agir des vibrations ultra-sonores ou bien des vibrations électromagnétiques, ou bien encore, simultanément, des vibrations ultra-sonores et électromagnétiques, est mis en oeuvre dans un dispositif (figure 6) dans lequel les positions des commutateurs A, B, C, D du dispositif de commutation 8 sont celles représentées sur les figures 2 à 4.

A titre d'exemple, on va considérer le fonctionnement du dispositif lors de la réalisation du cas le plus général, consistant à faire agir simultanément sur la plaque 12 des vibrations électromagnétiques et ultra-sonores (la position des commutateurs A, B, C, D est montrée sur la figure 4).

Au moyen du générateur principal 4, le transducteur 10 engendre dans la plaque 12 des vibrations ultra-sonores qui, en se propageant dans la plaque 12, se transforment, au-dessus de la zone de l'hétérogénéité 3 du matériau à contrôler 2, en vibrations électromagnétiques qui sont détectées par le transducteur 11, amplifiées par l'amplificateur principal 5 et appliquées à l'indicateur 9. En même temps, à l'aide du générateur supplémentaire 6, le transducteur 11 émet des oscillations électromagnétiques qui, en présence d'une hétérogénéité 3, se transforment dans la plaque 12 en vibrations ultra-sonores qui sont détectées par le transducteur 10 et amplifiées par l'amplificateur supplémentaire 7.

En cas d'utilisation du procédé décrit de détermination des hétérogénéités 3 dans les matériaux magnétiques 2, comme il a été déjà indiqué ci-dessus, il n'est pas nécessaire qu'il y ait une interaction directe entre les oscillations utilisées et l'hétérogénéité 3. Dans une telle situation, il devient possible d'utiliser en tant que milieu magnétostrictif la plaque 12 placée à proximité

du matériau à contrôler 2. Dans ce cas, les "charges magnétiques" efficaces se trouvant sur la surface du matériau à contrôler 2 magnétisé forment un champ magnétique qui, à son tour, forme les "charges magnétiques" sur les surfaces de la plaque 12. En cas d'action, sur la plaque 12, de vibrations électromagnétiques ou de vibrations ultrasonores, ou bien simultanément de vibrations électromagnétiques et ultrasonores s'exerçant dans la zone de l'hétérogénéité magnétique de la plaque 12, due à l'apparition de "charges magnétiques" secondaires, il se produit une conversion des ondes en ondes électromagnétiques ou acoustiques, respectivement, qui sont détectées. L'utilisation, en tant que milieu magnétostrictif, de la plaque 12 donne la possibilité d'appliquer la méthode sans contact, même en cas d'utilisation en tant que transducteur 10 d'un transducteur piézo-électrique. Dans ce cas, ce dernier est monté avec le transducteur inductif 11 sur la surface de la plaque 12, en formant avec celui-ci un bloc constituant un convertisseur servant à déterminer l'hétérogénéité 3 dans le matériau à contrôler 2.

L'efficacité du procédé décrit de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques dépend considérablement de la valeur de la constante de magnétostriction dynamique du matériau. En cas d'utilisation d'une couche intermédiaire dans laquelle s'effectue une transformation électro-magnéto-acoustique due à la magnétostriction, il devient possible d'assurer un accroissement de l'efficacité de ce convertisseur grâce à l'utilisation, en tant que couche intermédiaire, d'un matériau dont la constante de magnétostriction dynamique λ n'est pas inférieure à celle d'un alliage "Permendur" (λ_p). Ainsi, il devient possible d'utiliser avec le maximum d'avantages le procédé décrit même pour le contrôle de matériaux magnétiques dont la constante de magnétostriction dynamique ($\lambda \leq \lambda_p$) est très petite.

Lors de la détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, il est nécessaire, comme déjà

indiqué, de choisir la polarisation des vibrations de la manière décrite plus haut. Cependant, dans la couche intermédiaire peuvent se propager des vibrations de différentes natures : ondes de Lamb symétriques et anti-symétriques, les ondes S, H transversales, les ondes superficielles. Dans ce cas, la nature de l'onde se propageant dans la couche et la répartition dans ladite onde des composantes de déplacements des particules dépendent du produit de la fréquence des vibrations par l'épaisseur de la couche. Mathématiquement, cela se traduit par la présence de courbes de dispersion des ondes dans la couche. Lesdites courbes représentent les vitesses de phase des ultra-sons C_f en fonction du produit de la fréquence f par l'épaisseur d de la couche. Les courbes types pour les ondes de Lamb dans une couche dont le coefficient de Poisson est $\nu = 0,29$ sont représentées sur la figure 7. Sur l'axe des abscisses est porté le produit fd , MHz.mm, et suivant l'axe des ordonnées, $C_f \cdot 10^6$ mm/s. Le graphique représente une série de courbes montrées par des lignes discontinues a_0, a_1, a_2, a_3 , respectivement, pour les modes zéro, premières, deuxièmes et troisièmes antisymétriques, et S_0, S_1, S_2, S_3 pour les modes de zéro, premières, deuxièmes, troisièmes symétriques montrées par les lignes ininterrompues.

Le choix de l'épaisseur de la plaque 12 (figure 6) va être expliqué par l'exemple suivant. On détermine l'hétérogénéité β à une fréquence des vibrations ultra-sonores $f = 2,5$ MHz suivant la courbe S_0 des modes symétriques zéro. L'onde S_0 comporte les composantes requises du vecteur de polarisation, comprises dans la gamme $fd \in 0,8$ à $1,5$ MHz. mm. A la fréquence choisie des vibrations ultra-sonores $f = 2,5$ MHz, l'épaisseur "d" de la plaque 12 est égale à $0,3 + 0,6$ mm.

Le choix de l'épaisseur de la couche intermédiaire justifié comme ci-dessus donne la possibilité d'assurer l'utilisation de vibrations de polarisation requise et d'accroître ainsi l'efficacité de la méthode.

La figure 8 représente une variante de réalisation du dispositif, utilisée en cas d'action simultanée, sur la plaque 13, de vibrations électromagnétiques et ultrasonores. Dans ce cas, la plaque 13 a la forme d'un disque, le transducteur 11 est monté au centre du disque et est réalisé sous forme d'une bobine ronde d'inductance dont les spires sont concentriques à la circonférence du disque.

Le dispositif comporte également un compteur 14 des impulsions reçues par l'amplificateur principal 5 et un comparateur 15 branchés en parallèle sur l'amplificateur principal 5.

Le dispositif fonctionne en conformité avec les positions des commutateurs A, B, C, D du dispositif de commutation 8, représentées sur la figure 9.

A l'aide du générateur supplémentaire 6 le convertisseur 11 fait agir sur le centre de la plaque 13 des vibrations électromagnétiques, en engendrant, en présence d'une hétérogénéité 3, des vibrations ultrasonores qui, étant réfléchies par les bords du disque, se rassemblent de nouveau au centre, se transforment en vibrations électromagnétiques et sont détectées par le transducteur 11, amplifiées par l'amplificateur principal 5 et transmises à l'indicateur 9 et, parallèlement, au compteur d'impulsions 14 et au comparateur 15.

L'utilisation de la plaque 13 (figure 8) ayant la forme d'un disque donne la possibilité, indépendamment de la direction de propagation des ultra-sons, d'enregistrer toute l'énergie des vibrations acoustiques engendrées dans la zone de l'hétérogénéité 3. Le transducteur 11, en présence de l'hétérogénéité 3, détecte les vibrations ultrasonores réfléchies à plusieurs reprises par le bord du disque.

La présence d'un signal réfléchi à plusieurs reprises est due au fait que, lors de la production de vibrations acoustiques dans le disque, lesdites vibrations, en étant réfléchies à plusieurs reprises par le bord du disque, passent plusieurs fois par le centre en fournissant

chaque fois un signal relatif à l'hétérogénéité 3. Le nombre de signaux multiples est d'autant plus élevé que l'énergie acoustique des ultra-sons produits est plus grande et, par conséquent, que l'hétérogénéité 3 est plus importante. Il s'ensuit qu'en comptant à l'aide du compteur d'impulsions 14 le nombre d'impulsions détectées en présence de l'hétérogénéité 3, il est possible de juger de la grandeur de l'hétérogénéité.

A l'arrivée des signaux multiples au comparateur 15, on évalue la valeur relative des impulsions voisines. Cette valeur est déterminée par l'atténuation des ondes acoustiques dans le matériau de la plaque 13. L'atténuation dans le matériau de la plaque 13 est connue, ou bien elle peut être déterminée au préalable. De ce fait, la valeur de la diminution relative des amplitudes des ultra-sons connue au préalable et introduite dans le comparateur 15 est comparée avec la valeur relative mesurée ce qui donne la possibilité de séparer les signaux utiles des bruits.

Ainsi, l'utilisation de la variante de réalisation du dispositif représenté sur la figure 8 permet de déterminer la valeur de l'hétérogénéité 3 et augmente l'immunité aux bruits de la méthode.

La figure 10 représente une variante de réalisation du dispositif pour le cas où le matériau à étudier présente une courbure et la surface d'une plaque est congruente à la surface du matériau à étudier. Dans ce cas, le transducteur est réalisé sous forme d'un solénoïde embrassant la plaque à l'endroit de la courbure du matériau.

Le dispositif comporte aussi un électro-aimant réglable disposé à proximité du transducteur de sorte que les lignes de force dudit champ magnétique soient perpendiculaires à la surface de la plaque dans la zone de montage du transducteur. Dans cette variante de réalisation, la forme de la plaque répète la forme de la courbure du cordon de soudure du joint soudé du matériau à contrôler.

Le dispositif (figure 10) fonctionne avec les positions des commutateurs A, B, C, D du dispositif de commutation montrées sur les figures 2 à 4.

En cas de détermination des hétérogénéités 3 dans des matériaux magnétiques 16 à surface courbe à l'aide de la plaque 12 (figure 6), entre ladite plaque et le matériau à étudier 16 apparaît un jeu irrégulier, ce qui, à son tour conduit à une sensibilité irrégulière du procédé aux hétérogénéités en fonction de leur emplacement. En réalisant la surface de la plaque 18 de façon qu'elle soit congruente à la surface du matériau à étudier 16 et en utilisant simultanément en tant que transducteur 19 un solénoïde embrassant la plaque 18 à l'endroit de la courbure 17, il devient possible d'obtenir un jeu uniforme et d'égaliser la sensibilité aux hétérogénéités 3 du matériau 16.

L'utilisation dudit dispositif est très avantageuse en cas de détermination des hétérogénéités 3 dans les assemblages soudés magnétiques dans lesquels la courbure 17 de la surface du matériau à étudier 16 est due à la présence d'un cordon de soudure.

En cas de contrôle d'articles de forme cylindrique, tels que : tubes, barres, fil, etc., on donne à la plaque 18 la forme d'une surface cylindrique congruente à la surface du matériau à étudier 16.

Un électro-aimant supplémentaire 20 engendre un champ magnétique qui entre en interaction avec les champs magnétiques statiques des hétérogénéités 3 et amplifie ces derniers. En faisant varier l'intensité du courant passant par l'enroulement de l'électro-aimant 20, on modifie la valeur de l'intensité du champ à engendrer.

L'utilisation d'un électro-aimant réglable 20 dont les lignes de force sont perpendiculaires à la surface de la plaque 18 permet d'accroître l'amplitude des signaux à enregistrer et d'élever, en particulier, l'efficacité de l'enregistrement du champ magnétique alternatif. L'utilisation, en tant que source de champ

magnétique, d'un électro-aimant 20 dans lequel il est possible de régler l'intensité du courant passant par l'enroulement permet de modifier la sensibilité du dispositif.

5 La figure 11 représente le schéma synoptique du dispositif pour la détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques en cas d'action, sur le milieu magnétostriectif, de vibrations ultra-sonores. Au voisinage de la plaque 12 disposée près du matériau à étudier 2
10 il y a une autre plaque similaire 21 montée de façon coplanaire. Sur la plaque 12, comme dans la variante représentée sur la figure 6, est monté le transducteur piézo-électrique 10, tandis que sur l'autre plaque (21) est monté un autre transducteur piézo-électrique 22, du
15 côté opposé à l'endroit où est monté le transducteur 10. La plaque 21 porte aussi un transducteur piézo-électrique 23 monté du côté opposé au transducteur 22, ledit transducteur 23 étant branché à travers le dispositif de commutation 8 sur l'amplificateur supplémentaire 7. Au
20 lieu des transducteurs piézo-électriques 12, 22, 23 il est possible d'utiliser dans le dispositif des transducteurs électro-magnéto-acoustiques. Le dispositif comporte aussi un mesureur d'intervalles de temps branché sur l'amplificateur supplémentaire 7.

25 Le procédé de détermination des hétérogénéités des matériaux magnétiques, en cas d'action exercée par des vibrations ultra-sonores sur la couche intermédiaire 12 est mis en oeuvre dans le dispositif (figure 11), les positions des commutateurs A, B, C, D du dispositif de
30 commutation 8 étant celles montrées sur la figure 12. Dans ce cas, le transducteur 10 est connecté au générateur principal 4, le transducteur 22 est branché sur l'amplificateur principal 5, et l'autre transducteur 23 est relié à l'amplificateur supplémentaire 7.

35 A l'aide du générateur principal 4 le transducteur 10 engendre dans la plaque 12 des vibrations ultra-sonores qui modulent les champs magnétiques statiques des

hétérogénéités 3 traversant la plaque 12. Les vibrations électromagnétiques qui apparaissent lors de la modulation ultra-sonore engendrent dans la plaque 21 grâce à la magnétostriction, des vibrations ultra-sonores qui se propagent des deux côtés de l'hétérogénéité 3 et sont détectées aux bords de la plaque 21 par les transducteurs 22, 23.

Lors de la détermination des hétérogénéités 3 par le procédé proposé, on fait appel tant à l'effet de magnétostriction direct qu'à l'effet inverse.

L'effet inverse est utilisé pour la modulation des champs magnétiques statiques, et l'effet direct, pour la production, au moyen des vibrations électromagnétiques, d'ultra-sons dans la plaque 21.

A la différence des procédés décrits ci-dessus, la détermination des hétérogénéités 3 par le procédé considéré n'exige pas un balayage du matériau à étudier 2. Cela est dû au fait qu'en cas de contrôle de matériaux de grande étendue (par exemple de produits de laminage plats), il est possible que les dimensions des plaques 12, 21 soient supérieures à la largeur du matériau à étudier 2. Dans ce cas, une hétérogénéité 3 est enregistrée indépendamment de son emplacement. Cela permet d'élever sensiblement le rendement du procédé.

Comme le montre la disposition des transducteurs 22, 23 (figure 11), la distance parcourue par l'onde ultra-sonore (partiellement à travers la plaque 12 et partiellement à travers la plaque 21) entre le transducteur 10 et le transducteur 22 est toujours constante, étant donné que l'amplitude du signal utile détecté par le transducteur 22 ne dépend que des dimensions de l'hétérogénéité 3. En même temps, la distance parcourue par le signal jusqu'au transducteur 23 dépend tant des dimensions de l'hétérogénéité 3 que de son emplacement.

Ainsi, il devient possible, d'après l'amplitude du signal reçu par le transducteur 22, de juger des dimensions de l'hétérogénéité, et d'après le temps

d'arrivée du signal au transducteur 23, mesuré par le
mesureur d'intervalles de temps 24, de juger des coordon-
nées de l'hétérogénéité 3.

5 Ainsi, le procédé revendiqué de détermination
des hétérogénéités des matériaux magnétiques, mis en
oeuvre à l'aide des dispositifs décrits ci-dessus, permet
de déterminer les défauts dans différents genres de
matériaux (produits de laminage plats, tubes, fils,
barres) avec un haut degré de précision et d'immunité
10 aux bruits dans les conditions industrielles.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée
aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont
été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier, elle
comprend tous les moyens constituant des équivalents
15 techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons
si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises
en oeuvre dans le cadre de la protection comme revendiquée.

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

1.- Procédé de détermination des hétérogénéités dans les matériaux magnétiques, du type consistant à placer le matériau à étudier dans un champ magnétique, à faire
5 agir des vibrations sur la surface d'un milieu magnétostrictif disposé à proximité de la zone des hétérogénéités du matériau, et à enregistrer les signaux apparaissant par suite de la conversion électro-magnéto-acoustique au sein
10 dudit milieu, caractérisé en ce qu'en tant que vibrations on utilise des vibrations ultra-sonores dont le vecteur de polarisation comporte une composante normale à la surface du milieu magnétostrictif, ou des vibrations électromagnétiques dont le vecteur de polarisation est
15 perpendiculaire au vecteur du champ magnétique, ou bien, simultanément, des vibrations ultra-sonores et des oscillations électromagnétiques ainsi polarisées.

2.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la conversion électromagnéto-acoustique des
20 vibrations ultra-sonores ou des vibrations électromagnétiques ou des vibrations ultra-sonores et électromagnétiques de polarisation choisie est effectuée dans un champ magnétique dont l'intensité correspond à la valeur maximale de la constante de magnétostriction dynamique du matériau à étudier.

25 3.- Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'en tant que milieu magnétostrictif on utilise une couche intermédiaire disposée au voisinage du matériau à étudier et sur laquelle on fait agir des
30 vibrations ultra-sonores, ou des oscillations électromagnétiques, ou, simultanément, des vibrations ultra-sonores et électromagnétiques.

4.- Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'en tant que couche intermédiaire on utilise un matériau dont la constante de magnétostriction dynamique n'est pas inférieure à celle d'un alliage "Permendur".

5.- Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que, pour une fréquence donnée des vibrations ultra-sonores, ou des vibrations électromagnétiques, ou des vibrations ultra-sonores et électromagnétiques, on choisit l'épaisseur de la couche intermédiaire d'après les courbes de dispersion, dans ladite couche, des ondes ultra-sonores à composante normale à cette couche.

6.- Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que, en plus, on magnétise la couche intermédiaire au moins dans la zone de détection de sorte que les lignes de force du champ magnétique supplémentaire soient perpendiculaires à la surface de ladite couche.

7.- Procédé selon l'une des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que dans le cas où l'on fait agir sur la couche intermédiaire des vibrations ultra-sonores, on dispose au voisinage de ladite couche une autre couche intermédiaire similaire, et que du côté opposé à la zone d'action des vibrations ultra-sonores sur la couche intermédiaire citée en premier on détecte les vibrations ultra-sonores engendrées dans l'autre couche intermédiaire par les vibrations électromagnétiques produites dans la couche intermédiaire au voisinage de la zone d'hétérogénéité dans le matériau à étudier.

8.- Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la détection des vibrations ultra-sonores dans la couche intermédiaire supplémentaire est effectuée en outre dans la zone disposée du côté opposé à la zone de détection dans la même couche intermédiaire.

9.- Dispositif pour la détermination des hétérogénéités dans les matériaux magnétiques, pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, du type comportant un système de magnétisation dont le flux magnétique passe à travers un milieu magnétostrictif disposé au voisinage de la zone des hétérogénéités du matériau à étudier, et deux transducteurs montés sur la surface dudit milieu magnétostrictif et reliés

électriquement à un générateur principal d'impulsions radio et à un amplificateur principal connecté à un indicateur, caractérisé en ce qu'il comporte un générateur d'impulsions radio supplémentaire, un amplificateur supplémentaire et un dispositif de commutation reliés entre eux électriquement de sorte que, dans le cas où l'on fait agir sur le milieu magnétostrictif des oscillations ultra-sonores ou électromagnétiques, l'un des transducteurs soit relié par l'intermédiaire du dispositif de commutation au générateur principal d'impulsions radio et que l'autre transducteur soit connecté par l'intermédiaire dudit dispositif de commutation à l'amplificateur principal, et que dans le cas où l'on fait agir sur ledit milieu simultanément des vibrations électromagnétiques et ultra-sonores, l'un des transducteurs soit relié par l'intermédiaire du dispositif de commutation au générateur principal d'impulsions radio et à l'amplificateur supplémentaire et que l'autre transducteur soit connecté par l'intermédiaire dudit dispositif de commutation au générateur d'impulsions radio supplémentaire et à l'amplificateur principal.

10.- Dispositif selon la revendication 9, pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que le milieu magnétostrictif est réalisé sous forme d'une plaque disposée au voisinage de la surface du matériau à étudier.

11.- Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que, dans le cas où l'on fait agir sur ladite plaque des vibrations ultra-sonores et électromagnétiques, ladite plaque a la forme d'un disque, au centre duquel est monté l'un des transducteurs.

12.- Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comporte un compteur d'impulsions et un comparateur branchés en parallèle sur l'amplificateur principal.

13.- Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que dans le cas où le matériau à étudier

présente au moins une courbure, la surface de ladite plaque est réalisée congruente à la surface du matériau à étudier, et que l'un des transducteurs est réalisé sous forme d'au moins un solénoïde embrassant la plaque à l'endroit de sa courbure.

14.- Dispositif selon l'une des revendications 10 à 13, pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte un électro-aimant réglable disposé au voisinage de l'un des transducteurs de sorte que les lignes de force du champ magnétique engendré par ledit électro-aimant réglable soient perpendiculaires à la surface de ladite plaque dans la zone où est disposé ce transducteur.

15.- Dispositif selon la revendication 10, pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que, dans le cas où l'on fait agir sur le milieu magnétostrictif des vibrations ultra-sonores, on dispose au voisinage de ladite plaque, d'une façon coplanaire, une autre plaque identique, sur laquelle est monté un autre transducteur du côté opposé au transducteur monté sur la plaque la plus proche du matériau à étudier.

16.- Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comporte un mesureur d'intervalles de temps relié à l'amplificateur supplémentaire, et encore un transducteur, monté sur ladite autre plaque du côté opposé au transducteur monté sur cette même plaque, et relié par l'intermédiaire du dispositif de commutation audit amplificateur supplémentaire.

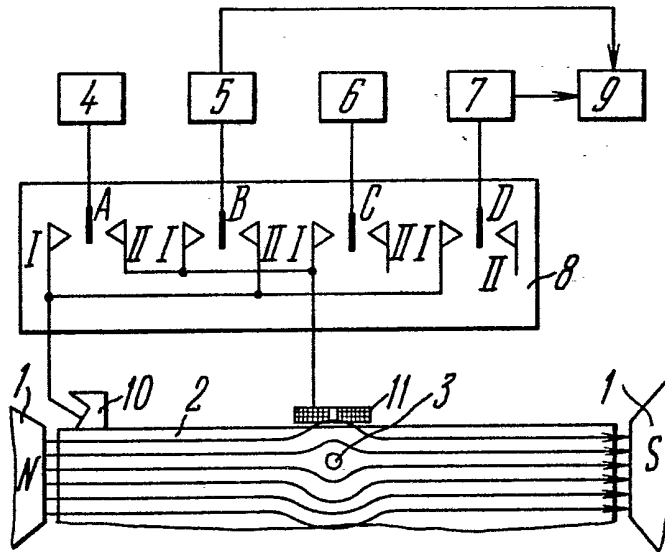


FIG. 1

	A	B	C	D
I	+	+	-	-
II	-	-	-	-

FIG. 2

	A	B	C	D
I	-	-	-	-
II	+	+	-	-

FIG. 3

	A	B	C	D
I	+	+	+	+
II	-	-	-	-

FIG. 4

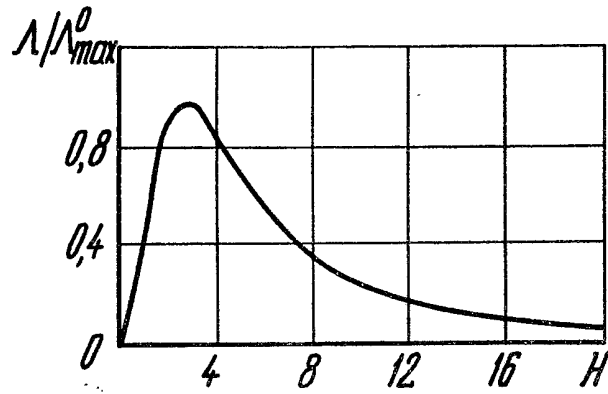


FIG. 5

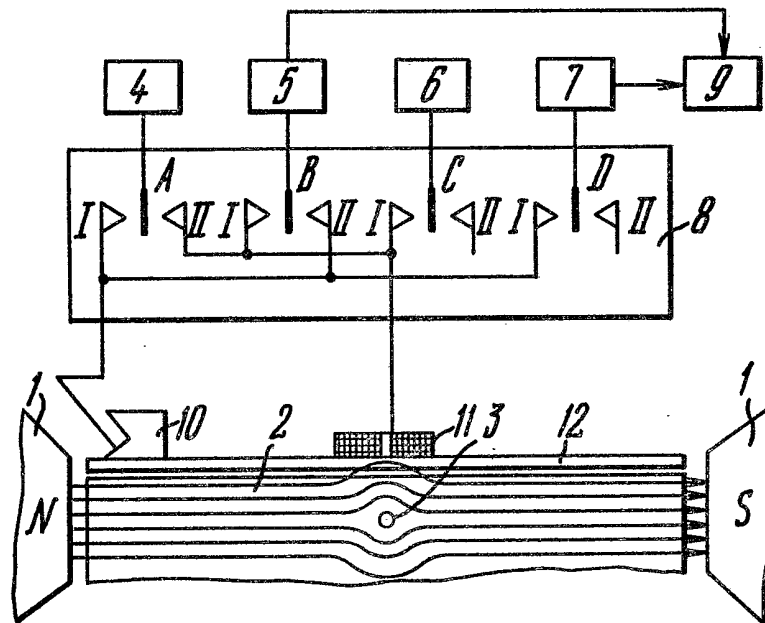


FIG. 6

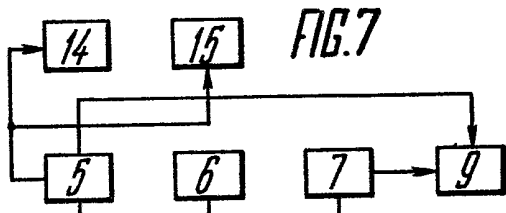
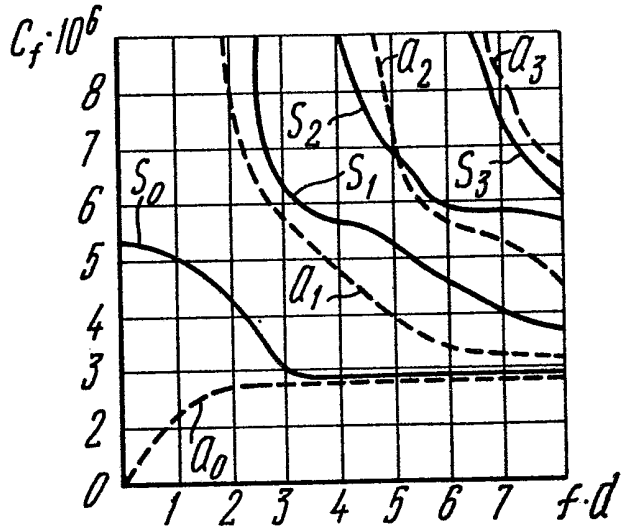


FIG. 7

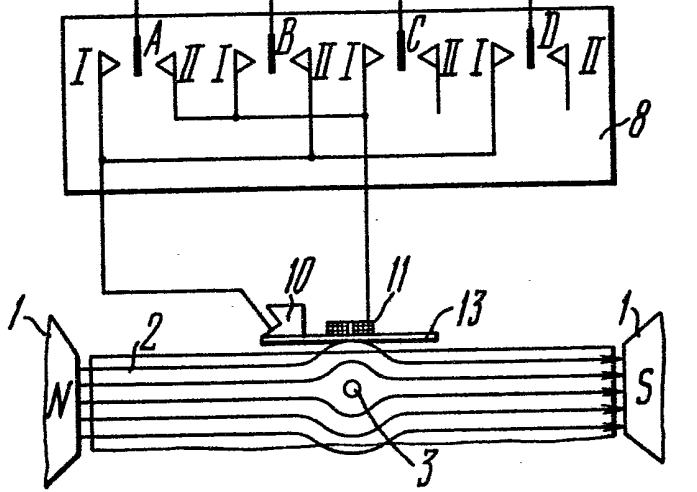


FIG. 8

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>I</i>	-	+	+	-
<i>II</i>	-	-	-	-

FIG. 9

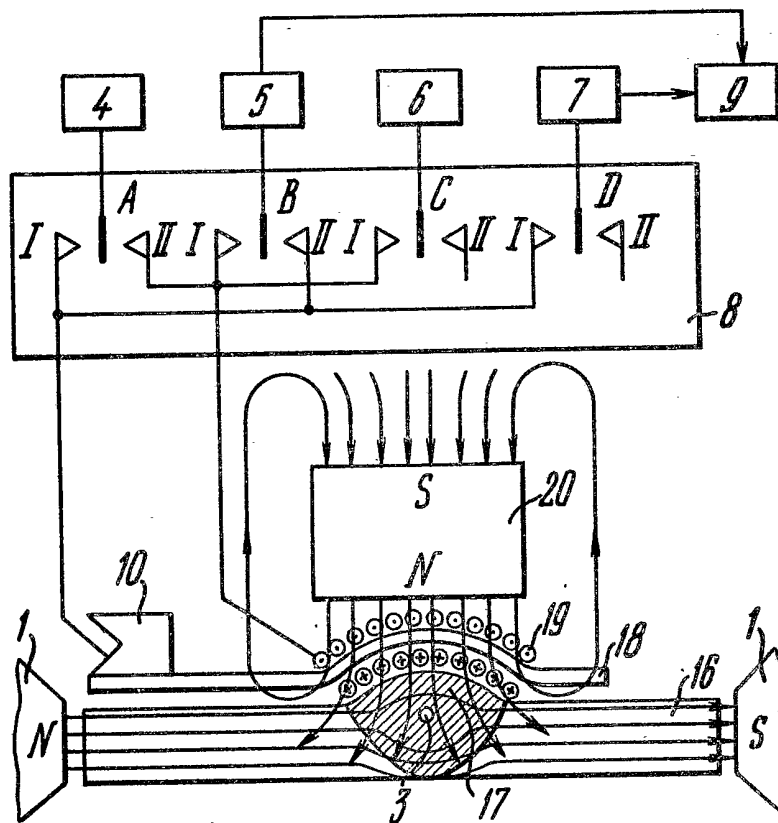


FIG. 10

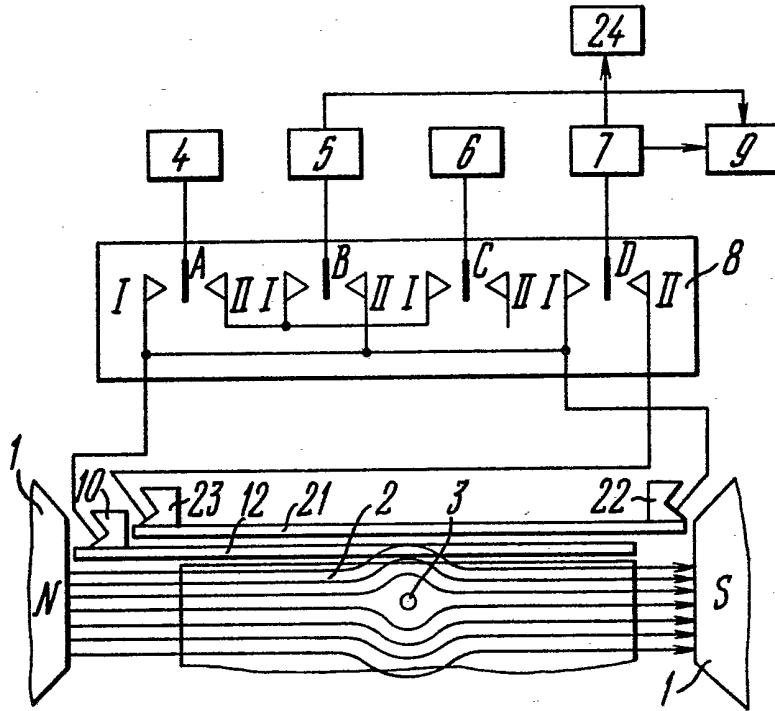


FIG. 11

	A	B	C	D
I	+	-	-	-
II	-	+	-	+

FIG. 12