

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 24287

(54)

Dispositifs de détermination de défauts de surface de produits filiformes.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 B 7/12, 7/08, 7/22; G 01 N 27/22.

(22)

Date de dépôt 14 novembre 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° 20 du 21-5-1982.

(71)

Déposant : GORBOV Mikhail Mikhailovich, KONEV Dmitry Georgievich, YAKIMOV Vladimir Ivanovich et FEDOTOV Vladimir Konstantinovich, résidant en URSS.

(72)

Invention de : M. M. Gorbov, D. G. Konev, V. I. Yakimov et V. K. Fedotov.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

Dispositif de détermination de défauts
de surface de produits filiformes.

L'invention concerne les techniques de mesure, l'étude des propriétés des matériaux par mesure de variations de capacité électrique d'un capteur avec le produit à contrôler, et en particulier, un dispositif
5 pour la détermination des défauts de surface de produits filiformes.

La présente invention peut être utilisée pour contrôler la qualité des produits filiformes tels que, par exemple, fils de bore, de carbure de silicium,
10 fibres artificielles durant leur fabrication dans l'industrie chimique, ainsi que dans l'industrie métallurgique à la fabrication des microfils.

Un des paramètres principaux des produits filiformes fins et extrafins définissant leurs caractéristiques mécaniques et électriques sont les défauts de
15 surface, c'est-à-dire les variations de l'épaisseur sur des courts tronçons de 10 à 100 μ de longueur, les irrégularités d'épaisseur suivant la longueur, bavures, inclusions cristallines, etc. Afin de détecter ces défauts, on utilise largement des capteurs capacitifs
20 caractérisés par leurs propriétés métrologiques et d'utilisation élevées. On préfère les détecteurs capacitifs essentiellement à cause de leur construction simple et de l'indépendance de leurs indications vis-à-vis des variations des paramètres physico-mécaniques
25 du produit à contrôler (conduction électrique, densité, etc.) ainsi que de la disposition du défaut sur la surface.

Les capteurs capacitifs existants comportent
30 deux électrodes fixées à une base diélectrique et placées sous un boîtier métallique mis à la masse. En général, les électrodes sont branchées sur le circuit d'un générateur haute fréquence et d'un mesureur de

courant circulant à travers le capteur capacitif.

Pourtant, une telle organisation des capteurs capacitifs ne permet de les utiliser que pour détecter les défauts sur les tronçons de grande longueur, c'est-à-dire lorsque se trouve remplie la condition $T \gg S$, où T est la longueur du défaut, S est l'épaisseur du produit filiforme à contrôler sur ce tronçon.

Le contrôle des défauts dont la longueur T est du même ordre de grandeur que l'épaisseur S du produit s'avère difficile par ces capteurs capacitifs, par suite de la présence des champs électriques de bord entre les électrodes, ce qui réduit la résolution du capteur et entraîne des erreurs dans la détection du défaut. En pratique, la longueur du tronçon du produit à contrôler couverte par le champ du capteur capacitif sous sa forme simplifiée est définie par l'expression :

$$L = l + H,$$

où l est la longueur de l'électrode du capteur ;

H est la distance entre les électrodes.

Lorsque la longueur l des électrodes se ramène aux dimensions du défaut du même ordre de grandeur que l'épaisseur du produit ($l \rightarrow S$), la zone d'action du champ sur le tronçon du produit à contrôler se trouvant entre les électrodes du capteur est pratiquement déterminée par la distance entre les électrodes. La réduction de la distance entre les électrodes du capteur empire ses caractéristiques d'utilisation (il devient en effet plus difficile de mettre le produit à contrôler dans le capteur capacitif, s'élève l'éventualité de l'action mécanique des électrodes du capteur sur la surface du produit, etc). Outre cela, la réduction de la distance entre les électrodes du capteur capacitif entraîne une erreur due aux oscillations transversales du produit à contrôler durant son mouvement et à la présence des corps étrangers dans l'espace entre les électrodes.

La présence des champs de bord entre les électrodes du capteur capacitif réduit, en plus, la sensibilité relative de ce dernier. Elle est définie par l'expression :

$$K = \frac{\Delta C}{C_0} / \frac{\Delta S}{S},$$

où ΔC est l'accroissement de la capacité C_0 du capteur dû à la variation de l'épaisseur S du produit à contrôler d'une valeur ΔS ;

- 10 $C_0 = C_n + C_k$ est la capacité du capteur constituée par une capacité utile C_n et une capacité de bord C_k entre les électrodes.

Il en découle de cette expression que l'élévation de la sensibilité relative K dépend de la diminution de
15 la capacité de bord C_k entre les électrodes du capteur, mais ceci peut entraîner, nous n'avons déjà dit, la dégradation des caractéristiques métrologiques et d'utilisation.

Ainsi, le problème de détection des défauts des
20 produits filiformes se ramène au problème de détermination des microdéfauts.

Ce problème est partiellement résolu à l'utilisation pour la détection des défauts d'un capteur capacitif (certificat d'auteur URSS N° 321739) qui comporte
25 fixées à une base diélectrique, des électrodes courbées dont l'épaisseur augmente uniformément vers la base. Le produit à contrôler touche les électrodes sur le tronçon où l'intensité du champ électrique est maximale (dans la zone de l'intervalle entre les électrodes minimal). Une telle construction permet de détecter les
30 défauts dont la longueur minimale est définie par la valeur dudit intervalle. En ce cas, la valeur minimale de l'intervalle entre les électrodes dépend des exigences de la rigidité diélectrique du capteur et constitue
35 0,1 à 0,2 mm.

Cette construction du capteur capacitif assure

l'intensité maximale du champ électrique dans l'intervalle entre les électrodes, ce qui permet d'élever la sensibilité relative à la variation de l'épaisseur du produit à contrôler. Afin d'assurer le fonctionnement de ce capteur capacitif, il est nécessaire d'assurer le contact des électrodes avec le produit à contrôler, sinon on constate une croissance de l'erreur due aux oscillations transversales de ce dernier par suite d'un champ électrique sensiblement irrégulier entre les électrodes. Comme dans la plupart des cas, l'action mécanique sur la surface du produit à contrôler est indésirable et ce capteur capacitif ne trouve pas une large application.

Il existe un dispositif de détermination des défauts de surface des produits filiformes (brevet US N° 2950436), qui comporte un pont transformateur de mesure dont un bras comporte un capteur capacitif inséré. Le capteur est constitué par un boîtier abritant deux électrodes principales et des électrodes auxiliaires installées dans le même plan que les électrodes principales. Le produit filiforme à contrôler se dispose dans ce capteur entre les électrodes principales et les électrodes auxiliaires branchées sur un point commun du pont transformateur.

L'utilisation des électrodes auxiliaires supprime les champs de bord entre les électrodes principales sans introduire la rerépartition du champ entre ces électrodes. Outre cela, la présence des électrodes auxiliaires réduit la zone d'action du champ électrique sur le tronçon du produit à contrôler se trouvant entre les électrodes du capteur capacitif, ce qui élève sa résolution. Pourtant, l'élévation plus poussée de la résolution est pratiquement limitée par la longueur des électrodes principales et les intervalles entre les électrodes voisines principale et auxiliaires respectives (se trouvant dans le même plan). La réduction de

la longueur de l'électrode principale et des intervalles entre les électrodes voisines est liée à certaines difficultés technologiques et, en premier lieu, à la nécessité d'assurer les intervalles minimaux entre les électrodes voisines principale et auxiliaires. Pratiquement, compte tenu des exigences de la rigidité diélectrique de la construction, les intervalles entre les électrodes voisines principale et auxiliaires ne doivent pas être inférieurs à 0,1 - 0,2 mm.

10 Ainsi, la longueur du tronçon du produit à contrôler se trouvant dans le champ du capteur pour les dispositifs connus est au moins 0,1 à 0,2 mm, ce qui est insuffisant pour détecter un microdéfaut.

15 Outre cela, l'utilisation de l'électrode principale avec une longueur minimale égale à la longueur des défauts à détecter, c'est-à-dire ne dépassant pas 50 à 100 μ , provoque non seulement l'apparition de difficultés technologiques liées à la fabrication du capteur, mais également à la dégradation des caractéristiques métrologiques et, en premier lieu, de la précision. La diminution de la précision du contrôle a lieu également, sur l'électrode principale ou dans les intervalles entre les électrodes voisines principale et auxiliaires, en présence de particules étrangères, même de la poussière. En effet, l'apparition au bout de l'électrode principale d'une particule de poussière dont les dimensions sont de 50 à 100 μ augmente de deux fois la longueur du tronçon du produit à contrôler se trouvant dans le champ du capteur capacitif.

30 L'invention vise à mettre au point un dispositif de détermination des défauts de surface des produits filiformes dont le champ électrique entre les électrodes du capteur capacitif permettrait de détecter les microdéfauts de longueur inférieure à 100 μ sans réduire la longueur des électrodes, ainsi que de simplifier l'organisation du capteur.

Le dispositif de détermination des défauts de surface des produits filiformes selon l'invention comporte un capteur capacitif entre deux électrodes duquel on dispose, en série avec un générateur haute
5 fréquence et un circuit mesureur qui présentent un point commun de connexion, le produit filiforme à contrôler, la variation de la capacité entre eux permettant de détecter un défaut de surface sur le produit à contrôler, et il est caractérisé en ce que le cap-
10 teur capacitif comporte un écran cylindrique en matériau conducteur à l'intérieur duquel sont placées les électrodes, en ce que, sur la surface latérale de l'écran et entre les électrodes, sont pratiqués des orifices pour le produit filiforme à contrôler, et en
15 ce que l'écran se trouve sous un potentiel égal au potentiel du point commun de connexion du générateur haute fréquence et du circuit mesureur, afin de réaliser la répartition du champ électrique entre les électrodes et l'écran.

20 L'utilisation pour le capteur capacitif d'un écran cylindrique se trouvant sous un potentiel égal au potentiel du point commun de connexion du générateur haute fréquence et du circuit mesureur entraîne la répartition du champ électrique entre l'électrode
25 et l'écran. En ce cas, une grande partie du champ est court-circuitée sur l'écran en diminuant la zone d'action de ce champ sur le tronçon du produit à contrôler se trouvant entre les électrodes du capteur. Ceci permet d'élever la résolution quant aux microdéfauts.

30 Outre cela, l'organisation du capteur, par comparaison avec celle décrite plus haut, est plus simple du point de vue technologique.

L'invention ressortira de la description des variantes concrètes de son exécution schématisée sur
35 les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente le schéma fonctionnel

d'un dispositif de détermination de défauts de surface des produits filiformes, selon l'invention ;

- les figures 2a, 2b, 2c, 2d, 2e et 2f représentent la répartition du champ électrique dans les capteurs capacitifs sans écran, avec électrodes auxiliaires et avec écran, respectivement ;

- la figure 3 représente la vue d'ensemble d'un capteur capacitif rond cylindrique, selon l'invention;

- la figure 4 représente la vue d'ensemble d'un capteur capacitif rectangulaire (sans boîtier), selon l'invention ;

- les figures 5a et 5b représentent la répartition du champ électrique dans un capteur capacitif avec des produits à contrôler sans et avec défaut, selon l'invention.

Le dispositif de détermination de défauts de surface de produits filiformes comporte, dans la variante décrite, un capteur capacitif avec un boîtier 1 (figure 1) à l'intérieur duquel est installé un écran 2 cylindrique en matériau conducteur. L'écran 2 abrite des électrodes 3, 4. L'électrode 3 est branchée sur un générateur haute fréquence 5 et se trouve sous un haut potentiel. L'électrode 4 est branchée sur un circuit mesureur 6 et se trouve sous un potentiel bas. Le circuit mesureur 6 a un point commun "O" avec le générateur haute fréquence 5. L'écran 2 du capteur capacitif se trouve sous le potentiel de ce point "O".

Le schéma de connexion du capteur capacitif est commun pour toutes les variantes possibles des schémas de connexion électrique tels que ponts mesureurs, circuits compensateurs, etc.

Dans la variante décrite, l'écran 2 est relié au point "O" et le circuit mesureur 6 comporte, mis en série, un amplificateur haute fréquence 7, un élément de seuil 8 et un compteur d'impulsions 9.

Le produit filiforme 10 à contrôler est disposé

entre les électrodes 3, 4 du capteur capacitif et la détermination des défauts du produit 10 sur le tronçon se trouvant dans le champ électrique du capteur se fait d'après la variation de la capacité entre ces 5 électrodes 3 et 4.

Il est possible une variante d'exécution du capteur capacitif dans lequel le boîtier et l'écran font un tout.

Il est connu que dans le capteur capacitif, outre 10 le champ électrique principal entre les électrodes, sont présents des champs de bord qui augmentent la longueur L (figure 2a) du tronçon du produit filiforme sur lequel se fait la détection des défauts. A l'augmentation de l'intervalle entre les électrodes, la longueur L (figure 2b) augmente. La présence des électrodes 15 auxiliaires dans le capteur capacitif décrit plus haut supprime partiellement l'influence des champs de bord dans l'intervalle d'une longueur m entre les électrodes voisines (figures 2c et 2d) à toute distance 20 entre les électrodes principales.

Une haute sensibilité du dispositif proposé est basée sur une répartition du champ électrique entre les électrodes 3, 4 (figures 2e et 2f) et l'écran 2 grâce à quoi la longueur L du tronçon du produit à contrôler 25 se trouvant dans le champ du capteur capacitif est sensiblement inférieure aux dimensions des électrodes, surtout, à l'augmentation de la distance entre les électrodes 3, 4.

Ainsi, par exemple, dans le capteur capacitif proposé 30 avec un rapport $H/l = 2$, où H est la distance entre les électrodes, l est la longueur des électrodes, la longueur du tronçon du produit à contrôler se trouvant dans le champ électrique du capteur diminue de cinq fois par comparaison avec le capteur muni d'électrodes 35 auxiliaires.

Le capteur capacitif comporte, comme on l'a déjà

dit, le boîtier 1 (figure 3) en matériau conducteur, cylindrique dans la variante décrite. L'écran 2 disposé à l'intérieur du boîtier 1 répète la forme du boîtier 1 et est isolé de ce dernier à l'aide de cylindres diélectriques 11. Les électrodes 3, 4 de la variante décrite sont réalisées sous la forme de disques fixés aux abouts de l'écran 2 et isolées de ce dernier à l'aide de garnitures diélectriques 12.

Le produit filiforme 10 passe entre les électrodes 3 et 4 à travers des orifices 13, 14 pratiqués respectivement sur les surfaces latérales du boîtier 1 et de l'écran 2.

Les électrodes 3, 4 sont, respectivement, branchées sur le générateur haute fréquence 5 et sur le circuit mesureur 6 à l'aide de bornes 15, 16.

Afin d'assurer l'équipotentialité du point commun "O" réunissant le générateur haute fréquence 5 et le circuit mesureur 6 et de l'écran 2, ce dernier est relié à ce point à l'aide d'une borne 17. La mise à la masse du boîtier 1 se fait à l'aide d'une borne 18.

Au déplacement du produit à contrôler entre les électrodes 3 et 4, il est possible qu'il y ait des écarts transversaux dans le plan parallèle aux électrodes 3, 4, ce qui peut provoquer une erreur à la détermination de la valeur du défaut. Afin d'exclure cette erreur éventuelle, il est utile de réaliser rectangulaires un écran 19 (figure 4) et le boîtier (non montré sur la figure), alors que des électrodes 20, 21 doivent se présenter sous la forme de plaques rectangulaires.

Ledit capteur capacitif rectangulaire est applicable pour la détection des défauts de produits filiformes plats 22.

Le dispositif de détermination des défauts de surface des produits filiformes fonctionne de la façon suivante.

A la mise du capteur capacitif en série avec le générateur haute fréquence 5 et le circuit mesureur 6 et en obtenant l'équipotentialité de l'écran 2 et du point commun "O" de connexion du générateur 5 et du circuit mesureur 6, le champ entre les électrodes 3, 4 est focalisé suivant l'axe de l'écran 2, comme le montre la figure 2a à f, alors que la largeur du champ focalisé est inversement proportionnelle à la distance entre les électrodes 3, 4 (figures 1 et 3). C'est pourquoi, en choisissant le rapport entre la largeur de l'écran 2 et sa longueur, on peut focaliser le champ électrique dans la partie centrale de l'écran 2 jusqu'aux dimensions commensurables avec la longueur du défaut sur le produit à contrôler 10.

Le produit 10 à contrôler passe entre les électrodes 3, 4, perpendiculairement à l'axe longitudinal de l'écran 2. Le courant électrique circulant dans le capteur dépend de l'épaisseur du produit 10 à contrôler se trouvant dans le champ électrique entre les électrodes 3, 4. L'apparition d'un défaut de surface dans le champ de travail du capteur change l'intensité de ce champ, et, par conséquent, du courant circulant dans le capteur. Comme le champ électrique entre les électrodes 3, 4 dans le domaine de disposition du produit 10 à contrôler a une intensité constante, le déplacement éventuel du produit à contrôler entre les électrodes 3, 4 dans le plan perpendiculaire aux électrodes n'influe pas sur la précision du contrôle.

Sur la figure 5 est représenté le champ électrique pour le capteur capacitif exoliquant le fonctionnement de ce dernier. Au passage du produit à contrôler sans défaut (figure 5a), l'intensité du champ électrique est due aux dimensions géométriques du capteur capacitif et à la tension du générateur haute fréquence. A l'apparition d'un défaut de surface, par exemple, d'une surépaisseur, l'intensité du champ

électrique augmente (figure 5b), ce qui entraîne l'augmentation de l'intensité du courant circulant dans le capteur capacitif.

Le dispositif proposé permet de déterminer les défauts de dimensions différentes : défauts commensurables avec l'épaisseur du produit à contrôler, ainsi que les défauts dont la longueur est sensiblement supérieure à l'épaisseur du produit.

Ainsi, le dispositif de détermination des défauts superficiels proposé est caractérisé par une résolution élevée de détection des microdéfauts (surépaisseur) du produit à contrôler par rapport aux solutions techniques connues. Ceci est obtenu sans changer les dimensions des électrodes du capteur, mais par répartition du champ électrique entre les électrodes et un écran.

Outre cela, le capteur proposé est plus technologique par rapport aux capteurs connus, parce qu'il n'a pas besoin de micro-intervalles entre les électrodes ni d'électrodes extrêmement courtes. En plus, comme on peut utiliser les électrodes suffisamment grandes, la présence sur les électrodes de particules de poussière et d'encrassement ne réduit pas la résolution du capteur.

Comme il va de soi, et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes de réalisation et d'application qui ont été plus spécialement envisagés ; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de détermination de défauts de surface de produits filiformes qui comporte un capteur capacitif entre deux électrodes duquel on dispose, mises en série avec un générateur haute fréquence et un circuit mesureur qui présentent un point commun de connexion, le produit filiforme à contrôler, la variation de la capacité entre eux permettant de détecter un défaut de surface sur le produit à contrôler, caractérisé en ce que le capteur capacitif comporte un écran cylindrique en matériau conducteur à l'intérieur duquel sont placées les électrodes, en ce que, sur la surface latérale de l'écran et entre les électrodes, sont pratiqués des orifices pour le produit filiforme à contrôler, et en ce que l'écran se trouve sous un potentiel égal au potentiel du point commun de connexion du générateur haute fréquence et du circuit mesureur, afin de réaliser la répartition du champ électrique entre les électrodes et l'écran.

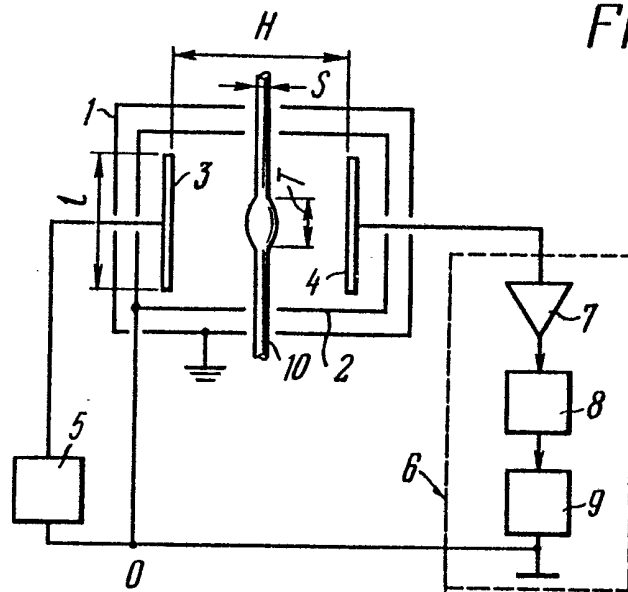


FIG. 1

FIG. 5 a

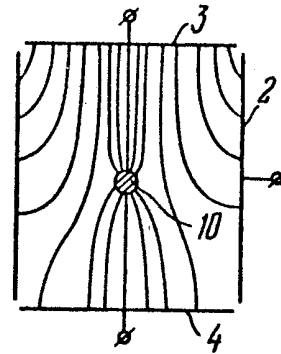


FIG. 5 b

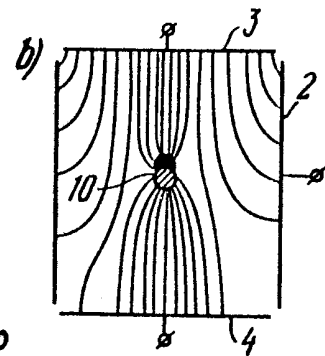


FIG. 2a

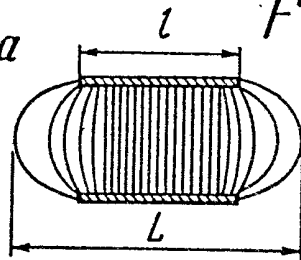


FIG. 2b

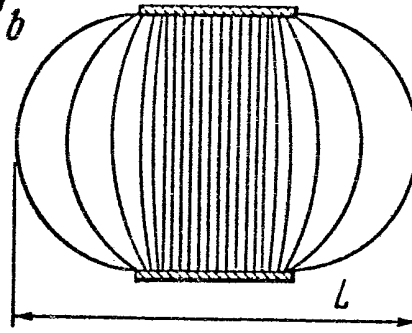


FIG. 2c

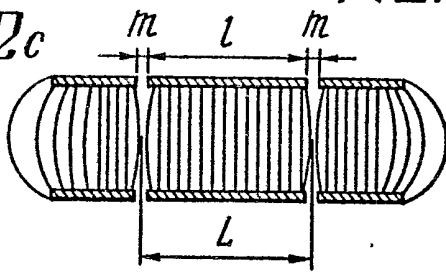


FIG. 2d

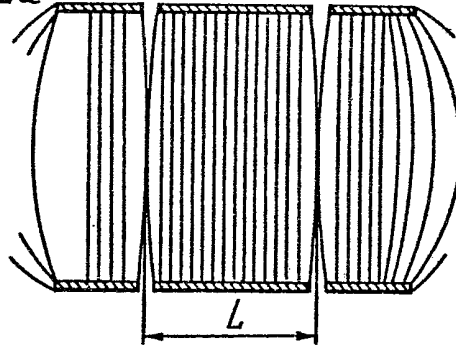


FIG. 2e

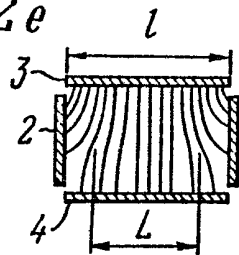
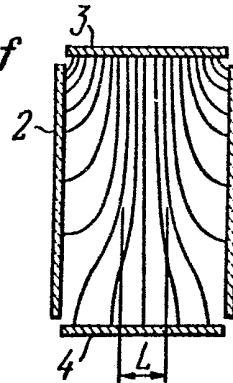


FIG. 2f



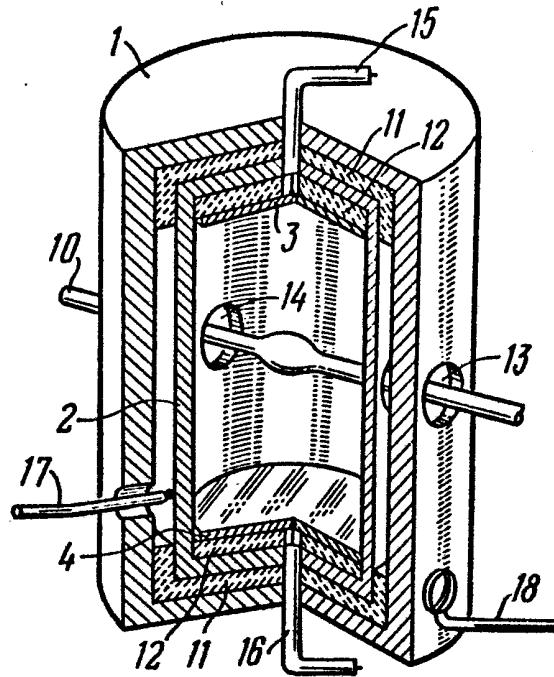


FIG. 3

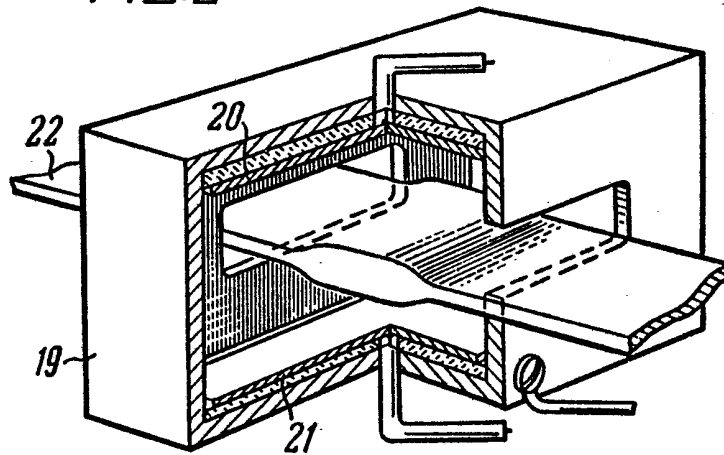


FIG. 4