

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21.10.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 23.04.93 Bulletin 93/16.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE
Organisme Professionnel — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : Martin Joseph.

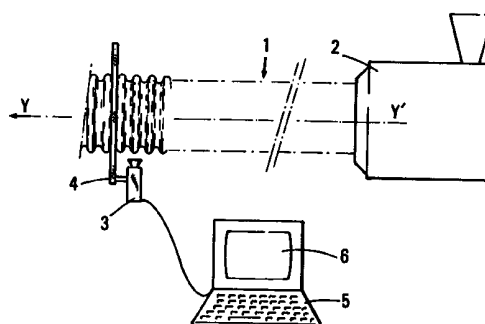
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire :

⑤4 Dispositif et méthode de contrôle non destructif et continu de l'épaisseur de profilés.

⑤7 - Dispositif de mesure et/ou de contrôle non destructif
et continu de l'épaisseur d'un profilé comportant en combi-
naison:

- a) au moins un moyen (2) destiné à créer une variation
de température dudit profilé,
- b) au moins un moyen (3) de détection et de mesure du
rayonnement émis par ledit profilé au cours du transitoire
thermique et
- c) au moins un moyen (4) permettant audit moyen de dé-
tection et de mesure du rayonnement émis de balayer
toute la surface du profilé. Ledit moyen de détection et de
mesure est relié à un système informatique (5) comprenant
un logiciel de traitement d'images, un moyen d'enregistre-
ment du rayonnement émis et un écran de visualisation (6).



5

La présente invention est relative à un dispositif et à une méthode de mesure et/ou de contrôle non destructif et continu de l'épaisseur d'un profilé.

10

De nombreuses techniques permettant la mesure et/ou le contrôle non destructif et continu de l'épaisseur d'un profilé ont été proposées dans le passé.

15 On a ainsi proposé l'utilisation d'une source produisant des ultrasons coopérant avec un détecteur, l'ensemble permettant d'effectuer le contrôle continu de l'épaisseur du profilé. Cette technique nécessite un contact entre le profilé et le détecteur ce qui n'est pas très favorable à un contrôle complet de toute la
20 surface du profilé en raison de la faible surface de contact du récepteur par rapport à la surface à contrôler. Par ailleurs cette méthode est pratiquement inapplicable dans le cas d'un profilé comportant des ondulations.

25 On a également proposé des méthodes utilisant des rayonnements ionisants, en particulier des rayonnements β , mais dans ce cas le détecteur doit être à une distance fixe de la surface du profilé ce qui pose un problème technique difficilement soluble dans le cas des profilés comportant des ondulations. De plus, dans le cas de
30 l'utilisation de rayonnements β , il est nécessaire de prévoir des moyens de protection contre les rayonnements ce qui complique beaucoup le procédé et sa mise en oeuvre.

La présente invention propose une méthode et un dispositif de mesure et/ou de contrôle non destructif et continu de l'épaisseur d'un profilé palliant les inconvénients des méthodes de l'art antérieur. En particulier la méthode et le dispositif selon
5 l'invention s'applique aisément au cas des profilés ondulés quelle que soit la forme et l'amplitude des ondulations. La méthode de l'invention est basée sur la mesure du rayonnement émis par le profilé durant une phase de réchauffement ou une phase de refroidissement.

10

Sans vouloir être lié par une quelconque théorie, on peut estimer qu'un matériau de densité sensiblement homogène se refroidit, ou se réchauffe, d'autant plus rapidement que son épaisseur est faible. Ainsi en mesurant ou en observant, par exemple à l'aide d'une
15 caméra infra-rouge, le rayonnement émis par le profilé au cours d'un régime transitoire thermique, c'est-à-dire au cours de son chauffage ou au cours de son refroidissement, il est possible d'observer ou de mesurer en continu des épaisseurs ou des variations d'épaisseur.

20

Il est habituellement admis qu'un matériau de densité sensiblement homogène émet un rayonnement, en particulier infra-rouge, dont la puissance est proportionnelle à la puissance quatrième de sa température de surface. Au cours d'un régime transitoire de
25 température (refroidissement ou réchauffement), l'évolution de la température de surface dépend de l'épaisseur du profilé. Sur un profilé sensiblement uniformément refroidi, ou réchauffé, à chaque variation d'épaisseur correspondent des températures de surfaces différentes, donc des émissions de rayonnements, notamment
30 infra-rouge de puissances différentes. Ce phénomène est plus marqué pour les matériaux ayant une faible conductivité thermique, et pour lesquels le refroidissement, ou le réchauffement est en général plus rapide que l'homogénéisation de la température au sein du matériau.

Le dispositif, de mesure et/ou de contrôle non destructif et continu de l'épaisseur d'un profilé, selon la présente invention utilise ce phénomène physique.

5 De façon caractéristique, le dispositif selon l'invention comporte en combinaison :

a) au moins un moyen destiné à créer une variation de la température dudit profilé,

10

b) au moins un moyen de détection et de mesure du rayonnement émis par ledit profilé au cours de ladite variation de température, et

15 c) au moins un moyen permettant audit moyen de détection et de mesure du rayonnement émis de balayer toute la surface à contrôler du profilé.

Dans une forme préférée de réalisation de l'invention, le moyen de
20 détection et de mesure du rayonnement émis est relié à un moyen d'enregistrement de la mesure de ce rayonnement.

Le plus souvent le moyen de détection et de mesure du rayonnement émis comprend une caméra infra-rouge reliée à un écran de
25 visualisation et/ou à un système informatique comprenant un logiciel de traitement d'images. Le système informatique comprendra de préférence un moyen de stockage des images fournies par la caméra infra-rouge et/ou des résultats fournis par le logiciel de traitement d'images.

30

Selon une forme préférée de réalisation de la présente invention le dispositif comprendra au moins un moyen permettant le défilement du profilé, par exemple des chenilles, et au moins un moyen permettant la synchronisation de ce défilement au mouvement de

balayage du moyen de détection et de mesure du rayonnement émis, afin que toute la surface du profilé soit balayée par ledit moyen de détection et de mesure.

- 5 Le dispositif de la présente invention peut être utilisé pour la mesure et/ou le contrôle non destructif et continu de l'épaisseur d'un profilé lors de sa fabrication. Dans ce cas le moyen de chauffage du profilé est constitué par l'appareil de mise en forme dudit profilé. Cet appareil de mise en forme peut être par exemple
10 une extrudeuse, une filière de machine à pultruder ou tout autre appareil bien connu de l'homme du métier.

- Le dispositif de la présente invention peut être utilisé pour la mesure et/ou le contrôle non destructif et continu de l'épaisseur
15 d'un profilé avant son utilisation par exemple au moment de sa fabrication, mais également après sa fabrication ou dans un site éloigné de son lieu de fabrication. Dans un tel cas le moyen de chauffage, ou de réchauffage dudit profilé est habituellement choisi dans le groupe formé par les résistances électriques, les
20 fluides gazeux ou liquides chauds et les sources de chaleur par rayonnements (par exemple des rampes de lampes infra-rouge). Le réchauffement pourra par exemple être obtenu par circulation d'un fluide chaud, tel que par exemple de l'air, de l'eau, une huile minérale ou organique, autour dudit profilé ou dans le cas d'un
25 profilé ayant la forme d'un tube, à l'intérieur de celui-ci.

- Le profilé est le plus souvent chauffé de manière à ce que sa température soit d'au moins 50°C supérieure à la température ambiante dans la zone se trouvant au niveau du moyen de détection
30 et de mesure du rayonnement. La température maximale de chauffage dépend du ou des matériaux constitutifs dudit profilé ; elle est le plus souvent au plus égale à la température de formation du profilé, par exemple à la température d'extrusion du matériau

thermoplastique utilisé qui est le plus souvent d'environ 160 à environ 280°C.

- La position du moyen de détection et de mesure du rayonnement par rapport à celle du moyen de chauffage dépend à la fois du matériau constitutif du profilé, de la température à laquelle on le chauffe et de son épaisseur moyenne. Ce moyen de détection et de mesure est de préférence positionné en un point où la température dudit profilé est d'environ 50°C à environ 140°C. La distance entre ce moyen et le profilé lui même n'est pas critique et peut être facilement choisie par l'homme du métier en fonction des caractéristiques de ce moyen de détection et de mesure, et notamment en fonction de sa sensibilité de détection.
- 15 Dans le cas d'un contrôle continu de l'épaisseur d'un profilé il est souvent souhaitable de prévoir au moins un moyen d'alarme se déclenchant automatiquement lorsque l'épaisseur du profilé est, au moins en un point, en dehors d'un domaine d'épaisseur préalablement fixé. Un tel système d'alarme pourra par exemple être piloté par le système informatique dont le logiciel de traitement d'images peut permettre, après étalonnage, de convertir les températures mesurées en épaisseurs. Il est ainsi possible de fixer un ou plusieurs seuils ou niveaux d'alarmes. On pourra par exemple envisager de fixer un seuil d'alarme pour une épaisseur supérieure à une valeur préalablement choisie et un seuil d'alarme pour une épaisseur inférieure à une valeur préalablement choisie, ou ne choisir qu'un seul seuil d'alarme par exemple pour une épaisseur inférieure à une valeur préalablement choisie.
- 30 Le moyen permettant au moyen de détection et de mesure de balayer toute la surface du profilé peut comprendre un système de guidage tel que par exemple un rail sur lequel ledit moyen de détection et de mesure peut être fixé de manière à être mobile.

La présente invention a également pour objet une méthode de mesure et/ou de contrôle non destructif et continu de l'épaisseur d'un profilé caractérisée en ce qu'elle comporte en combinaison : la création d'une variation de température dudit profilé jusqu'à une
5 température suffisante pour que ledit profilé émette un rayonnement, et la détection et la mesure, sur toute la surface dudit profilé, du rayonnement émis par ledit profilé. Dans une forme préférée de réalisation ledit profilé est chauffé à une température telle qu'il émet un rayonnement infra-rouge ayant une longueur
10 d'onde sensiblement comprise entre 2 et 25 micromètres et de préférence comprise entre 2 et 5 micromètres.

Le plus souvent la méthode de la présente invention comprend l'enregistrement du rayonnement émis par le profilé, sa
15 visualisation et/ou son traitement à l'aide d'un système informatique comprenant un logiciel de traitement d'images.

Dans une mise en oeuvre particulière, la méthode de l'invention comporte le défilement du profilé et l'enregistrement du
20 rayonnement émis par balayage synchronisé de toute la surface du profilé par le détecteur de rayonnement.

Dans le cas d'un contrôle continu de l'épaisseur d'un profilé, il est souhaitable d'utiliser une alarme déclenchée automatiquement par
25 le système informatique lorsque l'épaisseur mesurée du profilé est, au moins en un point, en dehors d'un domaine d'épaisseur préalablement fixé.

La méthode de contrôle et/ou de mesure selon la présente invention
30 s'applique particulièrement bien au contrôle des profilés en matériaux thermoplastiques tels que ceux en polyéthylène (PE), en polypropylène (PP), en polyamide (PA), en polychlorure de vinyle (PVC), en polyfluorure de vinylidène (PVDF) et en polytéréphtalate de diols tels que l'éthylèneglycol ou le butanediol-1,4. Ces

matériaux thermoplastiques peuvent être ou non renforcés par des fibres telles que par exemple des fibres de verre, de carbone, ou de polyamides aromatiques tels que par exemple le Kevlar (marque déposée). Ces matériaux présentent tous une conductivité
5 thermique relativement faible et une forte émissivité notamment dans la gamme des longueurs d'ondes correspondant à l'infra-rouge.

La présente méthode peut être appliquée au contrôle et à la mesure de l'épaisseur de profilés plats ou tubulaires ayant une section
10 sensiblement circulaire, ovale, elliptique, rectangulaire ou de toute autre forme définie par une courbe fermée. Elle est particulièrement bien adaptée au contrôle ou à la mesure de l'épaisseur de tubes ou de plaques ondulées. Les ondulations peuvent avoir une forme quelconque et une amplitude très variable. Ces
15 ondulations sont par exemple des ondulations de section sinusoidale, carrée ou rectangulaire.

Les profilés ont habituellement une épaisseur moyenne d'environ 0,1 millimètre à environ 20 millimètres et le plus souvent
20 d'environ 0,2 millimètre à environ 10 millimètres.

A titre d'exemple non limitatif, le dispositif de la présente invention est illustré schématiquement sur la figure 1 tandis que la figure 2 est une visualisation simplifiée d'un tube ondulé.

25

Le dispositif selon l'invention, représenté schématiquement sur la figure 1, comporte un appareil d'extrusion 2 permettant l'extrusion en continu d'un tube 1, par exemple de section sensiblement circulaire et présentant des ondulations de section sinusoïdale.
30 Comme il a été dit ci-avant, le moyen de chauffage 2e st dans ce cas l'appareil d'extrusion lui-même.

Le tube se déplace selon son axe longitudinal YY', par exemple à vitesse sensiblement constante, et sa surface est balayée par une

caméra infra-rouge 3 positionnée sur un chariot mobile se déplaçant simultanément sur un rail 4 perpendiculaire à l'axe YY' du tube. La caméra infra-rouge est reliée à un système informatique 5 comportant un écran de visualisation 6.

5

La figure 2 est une visualisation d'un contrôle d'épaisseur d'un tube en PVDF d'épaisseur moyenne égale à 1 millimètre. Le dispositif utilisé pour effectuer ce contrôle est celui schématisé sur la figure 1. La caméra infra-rouge utilisée peut être une caméra
10 connue en soi, par exemple une caméra de la marque enregistrée THERMOVISION vendue par la société française AGEMA, cette caméra est refroidie à l'azote liquide, et possède une bande spectrale de 2 à 5 micromètres. Le système informatique associé peut être un système commercialisé par la société AGEMA,
15 référencé TIC-8000, comprenant un ordinateur IBM PC-AT et un programme tel que CATS-E développé par la société AGEMA à des fins d'analyse thermique. L'impression d'écran reproduite sur la figure 2 est effectuée à l'aide d'une imprimante à jet d'encre connue en soi.

20

L'invention consiste donc à balayer toute la surface du profilé à examiner à l'aide d'une caméra infra-rouge 3, le profilé étant alors en transitoire thermique, c'est-à-dire soit en période de chauffage, soit en période de refroidissement, de toute façon en train
25 d'émettre un rayonnement capable d'être détecté par ladite caméra.

Le système informatique associé à la caméra infra-rouge 3 comprend notamment un moyen d'enregistrement du rayonnement émis, un moyen de stockage des images fournies par la caméra, un
30 moyen de traitement desdites images, un moyen de stockage des résultats fournis par le moyen de traitement des images.

Ainsi, selon l'invention, pour un profilé donné, chaque variation d'épaisseur se traduit par l'apparition d'une tache sur l'image du

profilé visualisée à l'écran, tache correspondant à une variation de couleur ou à une variation de niveau de gris pour les écrans noir et blanc. Ainsi, la figure 2 montre une visualisation d'écran simplifiée selon laquelle on peut voir trois taches A, B, C correspondant
5 respectivement à trois défauts.

Bien entendu, l'homme de métier sera en mesure d'imaginer toute adjonction et/ou modification ne sortant pas du cadre de l'invention, à partir du dispositif et de la méthode qui viennent
10 d'être décrits à titre illustratif et nullement limitatif.

REVENDEICATIONS

- 5 1- Dispositif de mesure et/ou de contrôle non destructif et continu de l'épaisseur d'un profilé comportant en combinaison :
- a) au moins un moyen (2) destiné à créer une variation de température (ou transitoire thermique) dudit profilé,
 - b) au moins un moyen (3) de détection et de mesure du rayonnement
- 10 émis par ledit profilé au cours dudit transitoire thermique,
- c) au moins un moyen (4) permettant audit moyen de détection et de mesure du rayonnement émis de balayer toute la surface du profilé.
- 2- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il
- 15 comporte en outre un moyen d'enregistrement du rayonnement émis relié audit moyen de détection et de mesure.
- 3- Dispositif selon l'une quelconque des revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le moyen de détection et de mesure du
- 20 rayonnement émis comprend une caméra infra-rouge (3) reliée à un écran de visualisation (6) et/ou à un système informatique comprenant un logiciel de traitement d'images.
- 4- Dispositif selon la revendication 3 dans lequel le système
- 25 informatique comprend un moyen de stockage des images fournies par la caméra infra-rouge et/ou des résultats fournis par le logiciel de traitement d'images.
- 5- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
- 30 caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins un moyen permettant le défilement du profilé et au moins un moyen permettant la synchronisation de ce défilement au mouvement de balayage du moyen de détection et de mesure du rayonnement émis.

6- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel le moyen destiné à créer une variation de température du profilé est un moyen de chauffage constitué par un appareil (2) de mise en forme dudit profilé.

5

7- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel le moyen de chauffage du profilé est choisi dans le groupe formé par les résistances électriques, les fluides gazeux ou liquides chauds et les sources de chaleur par rayonnements.

10

8- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins un moyen d'alarme se déclenchant automatiquement lorsque l'épaisseur mesurée du profilé est, au moins en un point, en dehors d'un

15 domaine d'épaisseur préalablement fixé.

9- Méthode de mesure et/ou de contrôle non destructif et continu de l'épaisseur d'un profilé caractérisée en ce qu'elle comporte en combinaison :

- 20 - la création d'une variation de la température dudit profilé jusqu'à une température suffisante pour que ledit profilé émette un rayonnement et
- la détection et la mesure, sur toute la surface dudit profilé, du rayonnement émis par ledit profilé.

25

10- Méthode selon la revendication 9, caractérisé en ce que ledit profilé est chauffé à une température telle qu'il émet un rayonnement infra-rouge ayant une longueur d'onde sensiblement comprise entre 2 et 25 micromètres, de préférence entre 2 et 5

30 micromètres.

11- Méthode selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10 comprenant l'enregistrement du rayonnement émis par le profilé, sa

visualisation et/ou son traitement à l'aide d'un système informatique comprenant un logiciel de traitement d'images.

12- Méthode selon l'une quelconque des revendications 9 à 11
5 comportant le défilement du profilé et l'enregistrement du rayonnement émis par balayage synchronisé de toute la surface du profilé par un détecteur de rayonnement.

13- Méthode selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12
10 caractérisé en ce qu'une alarme est mise en route automatiquement par le système informatique lorsque l'épaisseur mesurée du profilé est, au moins en un point, en dehors d'un domaine d'épaisseur préalablement fixé.

1/1

FIG.1

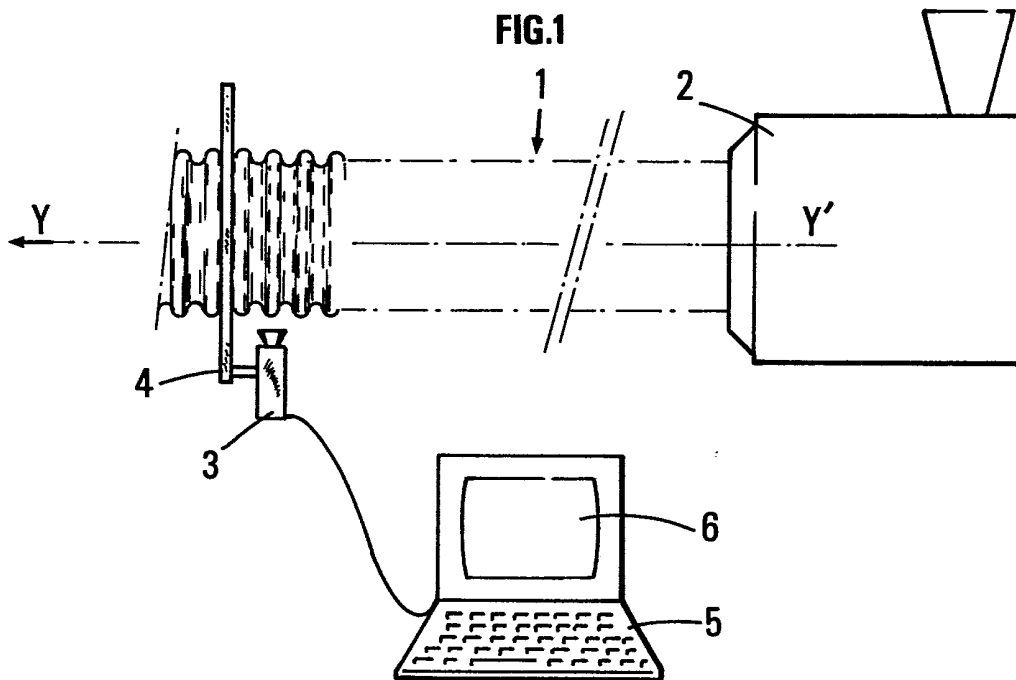
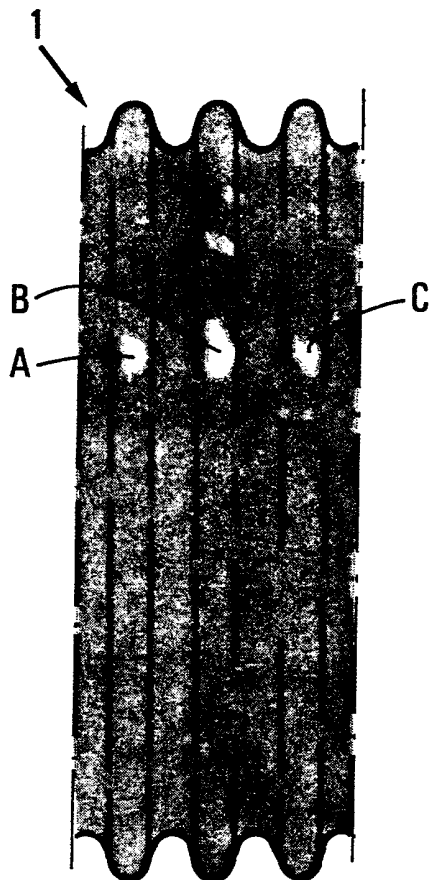


FIG.2



**INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE**

RAPPORT DE RECHERCHE

**établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche**

FR 9112989
FA 464034

[illegible]