

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.11.00.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.05.02 Bulletin 02/22.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : FRAMATOME ANP Société par actions simplifiée — FR.

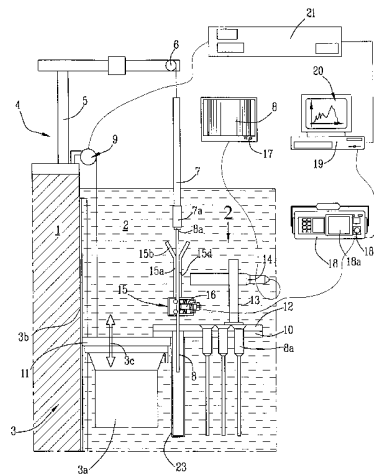
72 Inventeur(s) : PIGELET JEROME et HEQUET MICHEL.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

54 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE L'ÉPAISSEUR D'UNE COUCHE D'OXYDE SUR LA SURFACE LATÉRALE EXTERNE D'UN CRAYON DE COMBUSTIBLE.

57 On déplace une sonde à courants de Foucault (16) au contact de la surface latérale du crayon combustible (8) suspendu sous eau dans une piscine (2) et disposé avec son axe dans une direction verticale, suivant une génératrice de la gaine du crayon de combustible (8) et on récupère et on traite le signal de la sonde à courants de Foucault (16), de manière à déterminer l'épaisseur d'une couche d'oxyde en chacun d'un ensemble de points de contact successifs de la sonde à courant de Foucault (16) avec la gaine du crayon combustible (8). De préférence, le dispositif de mesure est associé à un poste de réparation d'assemblages de combustible de la piscine de désactivation (2) d'un réacteur nucléaire et comporte une partie mobile fixée sur un alvéole mobile (3a) d'un descenseur (3) de la piscine de désactivation (2).



L'invention concerne un procédé et un dispositif de mesure de l'épaisseur d'une couche d'oxyde sur la surface latérale externe d'un crayon de combustible.

5 Les assemblages de combustible des réacteurs refroidis par de l'eau et en particulier les assemblages de combustible des réacteurs nucléaires refroidis par de l'eau sous pression comportent généralement un squelette dans lequel sont introduits des crayons de combustible, dans des dispositions parallèles entre elles, de manière à constituer un faisceau.

10 Les assemblages de combustible des réacteurs nucléaires à eau sous pression font l'objet de recherches et d'améliorations qui permettent d'allonger leur durée de vie dans le réacteur nucléaire en fonctionnement.

15 Les crayons de combustible comportent une gaine tubulaire, généralement en un alliage de zirconium, dans laquelle sont empilées des pastilles de combustible nucléaire qui sont fermées à leurs extrémités par des bouchons.

20 A l'intérieur du réacteur nucléaire, les crayons de combustible qui sont en contact, par leur paroi latérale externe, avec l'eau de refroidissement du réacteur nucléaire subissent une corrosion qui peut endommager les gaines de crayons du combustible et se traduire, éventuellement, après un certain temps de fonctionnement, par l'apparition de fissures à travers la gaine, de sorte que les gaines qui ne sont plus étanches laissent passer des produits de fission dans l'eau du réacteur nucléaire.

25 Il est donc nécessaire de connaître, au cours de la vie de l'assemblage de combustible, l'état de la surface externe des crayons de combustible et en particulier l'état d'une couche d'oxyde qui se forme sur la surface de la gaine du crayon, généralement en alliage de zirconium.

L'un des paramètres importants pour connaître l'aptitude de tenue à la corrosion et l'état du crayon de combustible est constitué par l'épaisseur de la couche d'oxyde sur le crayon de combustible.

30 Il est connu de mesurer cette épaisseur d'oxyde sur les crayons, à l'intérieur d'un assemblage de combustible, en introduisant une sonde à courant de Foucault dans les rangées de crayons de l'assemblage de combustible, la sonde à courant de Foucault alimentée en courant alternatif venant

en contact avec la surface externe des crayons de la rangée de crayons dont la paroi revêtue d'une couche d'oxyde assure le couplage de la sonde. L'impédance de la sonde dépend en particulier de l'épaisseur de la couche d'oxyde sur le crayon, de sorte qu'une mesure de tension représentative de
5 l'un au moins des composants de l'impédance complexe de la sonde permet de déterminer l'épaisseur de la couche d'oxyde sur le crayon de combustible, à partir d'une courbe d'étalonnage.

Ce procédé de mesure qui est mis en œuvre sur les crayons restés en place à l'intérieur de l'assemblage de combustible ne permet d'obtenir
10 l'épaisseur de la couche d'oxyde qu'en un certain nombre de points situés entre les grilles successives de l'assemblage de combustible.

Dans certains cas, il est nécessaire de connaître la répartition de la couche d'oxyde suivant toute la longueur du crayon et suivant une ou plusieurs génératrices de la surface extérieure cylindrique de la gaine du
15 crayon.

De telles mesures ne peuvent être effectuées sur les crayons de combustible que lorsqu'ils sont extraits du squelette de l'assemblage de combustible.

Les assemblages de combustible qui ont séjourné dans le cœur du réacteur nucléaire et qui sont déchargés de la cuve du réacteur, pendant un arrêt programmé du réacteur nucléaire sont stockés dans une piscine de désactivation située dans un bâtiment du combustible adjacent au bâtiment du réacteur nucléaire. A l'intérieur de la piscine de désactivation, on prévoit généralement un poste de réparation des assemblages de combustible qui
20 comporte des moyens d'intervention depuis le niveau supérieur de la piscine pour réaliser le démontage d'au moins un embout d'extrémité de l'ossature de l'assemblage de combustible pour pouvoir accéder à l'extrémité des crayons de combustible qui peuvent être extraits de l'ossature, par exemple pour réaliser le remplacement de certains crayons devenus défectueux en
25 service.

Jusqu'ici, on n'avait jamais utilisé de tels postes d'intervention et de réparation sur les crayons de combustible pour effectuer une mesure d'épaisseur de couche d'oxyde sur la surface extérieure des crayons de
30

combustible, suivant toute la longueur des crayons, pour connaître en particulier la répartition de l'épaisseur de la couche d'oxyde suivant une ou plusieurs génératrices de la surface externe de la gaine du crayon.

Un but de l'invention est donc de proposer un procédé de mesure de l'épaisseur d'une couche d'oxyde sur la surface latérale d'un crayon de combustible comportant une gaine cylindrique renfermant des pastilles de matériau de combustible nucléaire, de manière qu'on puisse connaître la valeur et la répartition de l'épaisseur de la couche d'oxyde suivant toute la longueur du crayon et suivant au moins une génératrice, de manière précise et sans entraîner de risques quant à la manutention des crayons de combustible dans la piscine de désactivation.

Dans ce but, on déplace une sonde à courants de Foucault au contact de la surface latérale du crayon suspendu sous eau dans une piscine et placé avec son axe dans une direction verticale, suivant une génératrice de la gaine du crayon et on récupère et on traite le signal de la sonde à courants de Foucault, de manière à déterminer l'épaisseur d'une couche d'oxyde en chacun des points de contact successifs de la sonde avec la gaine du crayon.

L'invention est également relative à un dispositif de mesure de l'épaisseur de la couche d'oxyde associé à un poste de réparation d'assemblages de combustible d'une piscine de désactivation d'un réacteur nucléaire.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple, en se référant aux figures jointes en annexe, un poste de réparation d'assemblages de combustible équipé d'un dispositif de mesure suivant l'invention et la mise en œuvre du dispositif pour déterminer l'épaisseur de la couche d'oxyde sur la surface externe d'un crayon d'un assemblage de combustible de réacteur nucléaire à eau sous pression.

La figure 1 est une vue en élévation et en coupe partielle d'un poste de réparation d'assemblages de combustible dans la piscine de désactivation d'un réacteur nucléaire et du dispositif de mesure d'épaisseur d'oxyde suivant l'invention.

La figure 2 est une vue de dessus suivant 2 de la figure 1.

La figure 3A est une vue en coupe par un plan vertical d'une partie mobile du dispositif de mesure suivant l'invention.

La figure 3B est une vue de dessus et en coupe du dispositif suivant 3B de la figure 3A.

5 La figure 4 est une image sur un écran d'un ordinateur du dispositif de mesure montrant une courbe représentative de l'épaisseur d'oxyde d'un crayon de combustible mesurée par le procédé suivant l'invention.

Sur la figure 1, on voit une paroi 1 de la piscine de désactivation d'un réacteur nucléaire remplie d'eau désignée par le repère 2.

10 La piscine de désactivation 2 comporte un poste de réparation d'assemblages de combustible qui est disposé de manière adjacente à la paroi 1 et qui comporte un descenseur 3 permettant de déplacer un assemblage de combustible dans la direction verticale à l'intérieur de la piscine 2.

15 Le descenseur 3 comporte une alvéole 3a ayant une forme lui permettant de recevoir un assemblage de combustible (généralement une forme parallélépipédique à section carrée, comme représenté sur la figure 2) et des rails verticaux 3b disposés contre la paroi 1 à l'intérieur de la piscine 2. Des moyens motorisés non représentés permettent de déplacer dans la direction verticale vers le haut ou vers le bas, comme représenté par la flèche 3c, un assemblage de combustible disposé à l'intérieur de l'alvéole 3a.

20 Pour réaliser différentes interventions sur l'assemblage de combustible au poste de réparation, on dispose de moyens d'intervention manœuvrables depuis la partie supérieure de la paroi 1 de la piscine ou fixés sur la partie supérieure de la paroi.

25 On dispose en particulier de moyens d'intervention, tels que des perches d'intervention, qui peuvent être manœuvrés manuellement pour réaliser différents démontages sur l'assemblage de combustible.

30 On peut en particulier démonter un embout (généralement l'embout supérieur de l'assemblage de combustible) pour donner accès aux bouchons supérieurs des crayons de l'assemblage de combustible qui peuvent être extraits de l'assemblage de combustible par un moyen de prise des crayons et de levage.

On a représenté sur la figure 1 un tel moyen de prise, de maintien et de manutention des crayons qui est utilisé dans la mise en œuvre du procédé de mesure suivant l'invention.

5 Ce dispositif, désigné de manière générale par le repère 4, comporte une potence 5 dont la colonne verticale est fixée par l'intermédiaire d'une embase sur la partie supérieure de la paroi 1 de la piscine. La poutre horizontale de la potence peut être déplacée en rotation autour de l'axe de la colonne et comporte un chariot mobile suivant sa direction longitudinale portant un treuil 6 assurant la suspension et le déplacement dans la direction verticale d'un outil 7 de prise et de maintien d'un crayon de combustible. 10 L'outil 7 comporte en particulier un tube dont l'extrémité est suspendue à l'élingue du treuil 6 et une pince 7a manœuvrable à distance de prise d'un crayon de combustible tel que 8, par l'intermédiaire de son bouchon supérieur 8a.

15 Le dispositif 4 de prise, de levage et de maintien des crayons est généralement utilisé pour des opérations de réparation d'assemblages de combustible, par exemple pour le remplacement, à l'intérieur de l'assemblage de combustible, de crayons défectueux.

20 Le dispositif 4 est également utilisé, de même que le descenseur 3, dans la mise en œuvre du procédé de mesure suivant l'invention.

Le dispositif de mesure suivant l'invention, qui est représenté sur la figure 1, comporte en particulier une platine 10, elle-même fixée sur une plaque 11 destinée à venir reposer sur la partie supérieure de l'alvéole 3a du descenseur 3 pour être fixée sur l'alvéole dans une disposition telle que la plaque 11 et la platine 10 soient parfaitement horizontales. 25

La fixation de la platine 10 sur la partie supérieure de l'alvéole 3a peut être réalisée depuis la partie supérieure de la piscine, sous trois mètres d'eau, de manière à assurer la protection des opérateurs chargés du montage de la platine du dispositif de mesure.

30 Le montage et le démontage de la platine peuvent être réalisés par les opérateurs, en utilisant des perches comportant des moyens de vissage et de dévissage des éléments de fixation de la platine 10 et de la plaque 11

sur l'alvéole et des moyens de manutention de la partie mobile du dispositif de mesure reposant sur la platine 10.

La partie mobile du dispositif de mesure, reposant sur la platine 10 et solidaire de l'alvéole, peut être déplacée dans la direction verticale dans un sens et dans l'autre, comme représenté par la double flèche 3c, en manœuvrant le descenseur 3. Un codeur d'altitude 9 permet de déterminer de manière très précise la position de la partie supérieure de l'alvéole 3a constituant la partie mobile du descenseur et donc de la platine 10 suivant la direction verticale et de synchroniser l'acquisition des points de mesure au mouvement du descenseur dont les positions successives et celles de la partie mobile du dispositif de mesure sont définies de manière codée. On s'affranchit ainsi de la vitesse du descenseur dans la détermination de la position des points de mesure suivant la longueur du crayon.

Sur la platine 10 est montée une embase 12 sur laquelle sont fixés une caméra vidéo 14 par l'intermédiaire d'un support 13 et un ensemble de support et de guidage 15 de la partie mobile du dispositif de mesure sur lequel est montée une sonde à courants de Foucault 16 par l'intermédiaire de laquelle sont réalisées les mesures d'épaisseur d'oxyde.

Comme il est visible en particulier sur les figures 3A et 3B, l'ensemble de guidage et de support 15 de la partie mobile du dispositif de mesure comporte un tube de guidage 15a terminé par un cône d'engagement 15b et un support de sonde 15c permettant de maintenir la sonde en contact avec la surface latérale externe de la gaine 8' renfermant des pastilles de combustible 8" d'un crayon 8 engagé dans le tube de guidage 15a de la partie mobile du dispositif de mesure.

Le tube de guidage 15a comporte une fenêtre 15d, dans le prolongement axial de la caméra vidéo 14, de manière que la caméra 14 puisse fournir une image d'une partie de la surface latérale de la gaine du crayon combustible 8 qui est transmise par un câble et affichée sur l'écran d'un moniteur 17 placé au-dessus du niveau de la piscine 2, au niveau d'un poste de contrôle et de commande des opérations de mesure de la couche d'oxyde des crayons de combustible.

La sonde à courants de Foucault 16 est reliée par un câble à un appareil à courants de Foucault 18 qui est relié à un ordinateur 19 d'exploitation des mesures de la sonde à courants de Foucault et qui comporte un écran 20 d'affichage des mesures d'épaisseur d'oxyde.

5 L'appareil à courants de Foucault 18 qui peut être un appareil du commerce tel que l'appareil Elotest B1 comporte différentes touches de commande, en particulier pour le réglage de l'appareil et le choix d'un programme de mesure, ainsi qu'un écran 18a d'affichage, dans un plan d'impédance XY, des composants de la tension représentative de la variation d'impédance sous la forme de tensions mesurées sur la sonde alimentée en
10 courant alternatif. Le câble de liaison de la sonde 16 est relié à une connexion 18b de l'appareil à courants de Foucaults et les coordonnées ou l'une au moins des coordonnées de la tension représentative des variations d'impédance mesurée par la sonde sont transmises, sous forme numérique, par
15 un câble relié à l'appareil à courants de Foucault à l'ordinateur 19, permettant d'assurer l'exploitation des mesures et la commande du dispositif de mesure.

L'appareil à courants de Foucault 18 et l'ordinateur de mesure 19 ainsi qu'une unité de commande 21 du dispositif de mesure sont disposés au
20 poste de contrôle au-dessus du niveau supérieur de la piscine de désactivation 2.

L'unité de commande 21 est reliée au codeur d'altitude 9 du descenseur et à l'ordinateur 19 ainsi qu'aux moyens de déplacement du descenseur et à la caméra 14, de manière à assurer la commande de déplacement du
25 descenseur pour la mesure suivant toute la longueur d'un crayon 8, la transmission des mesures d'altitude à l'ordinateur de mesure 19 et la synchronisation de l'acquisition des mesures d'épaisseur de la couche d'oxyde avec le mouvement du descenseur.

La liaison entre la commande 21 et l'ordinateur 19 permet en particulier
30 d'assurer une bonne synchronisation entre les déplacements de la partie mobile du dispositif de mesure et le calcul et l'affichage des résultats de mesure.

L'ordinateur 19 permet de calculer, à partir des valeurs d'impédance mesurées par l'appareil à courant de Foucault, l'épaisseur de la couche d'oxyde sur le crayon, en utilisant des valeurs d'étalonnage qui sont réactualisées avant chaque mesure sur un crayon de combustible, comme il sera
5 indiqué plus loin.

La platine 10 de l'ensemble mobile du dispositif de mesure comporte, de part et d'autre de l'embase 12 de la caméra et de l'ensemble de support et de guidage de la sonde, deux emplacements 22 de stockage provisoire de crayons de combustible suivant lesquels la platine 10 est traversée par
10 des ouvertures d'engagement et de retenue de crayons 8 d'un assemblage de combustible d'un réacteur nucléaire. Les ouvertures traversantes de la platine 10 comportent une partie d'engagement et un épaulement de retenue des crayons, par l'intermédiaire de leurs bouchons supérieurs 8a.

Dans un premier temps, on peut garnir les différents logements constitués par les ouvertures traversantes de la platine 10 avec des crayons de combustible prélevés dans un assemblage de combustible, au poste de réparation, par exemple en utilisant l'outil de levage et de maintien 7.
15

On peut ensuite prélever un par un les crayons de combustible 8 dans les zones de stockage 22 de la platine 10 en utilisant l'outil 7 dont la pince 7a est mise en prise avec le bouchon supérieur 8a d'un crayon de combustible et manœuvrée à distance pour assurer la prise du crayon de combustible.
20

On réalise ensuite le levage du crayon de combustible à l'intérieur de la piscine, puis son introduction dans le tube de guidage 15a de l'ensemble de guidage et de support 15 du dispositif de mesure, par l'intermédiaire du cône d'introduction 15b.
25

En-dessous de la platine 10, est fixé un réceptacle 23 comportant un logement cylindrique ayant un axe vertical destiné à recevoir le crayon 8, dans le cas d'un relâchement accidentel du crayon par la pince 7a, pendant sa manutention ou son maintien.
30

Pendant toutes les mesures effectuées sur la surface externe du crayon par la sonde à courants de Foucault 16, le crayon 8 est maintenu par

l'outil de prise et de maintien 7 dans une disposition verticale fixe à l'intérieur de la piscine du combustible.

5 Les mesures suivant la longueur du crayon 8, dans sa direction axiale, sont réalisées en déplaçant la partie mobile du dispositif de mesure à l'aide du descenseur 3.

De plus, l'outil 7 permet d'orienter de manière très précise le crayon 8 autour de son axe, à l'intérieur du tube de guidage 15a.

10 De cette manière, on peut assurer la mise en contact de la partie de détection 16a de la sonde 16 avec une génératrice quelconque du crayon et effectuer successivement des mesures d'épaisseur d'oxyde suivant toute la longueur du crayon et suivant plusieurs génératrices.

La caméra 14 permet de visualiser, au centre de l'écran du moniteur 17, la génératrice de la gaine du crayon 8 suivant laquelle est réalisé le contrôle d'épaisseur.

15 Comme il est visible sur les figures 3A et 3B, l'ensemble de support et de déplacement de la sonde à courants de Foucault 16 comporte, montés rotatifs autour d'axes horizontaux à l'intérieur du support de sonde 15c réalisé sous la forme d'un boîtier, deux roulettes de guidage 24 dont le profil de la gorge en forme de V est visible sur la figure 3B et deux galets presseurs 20 25 disposés de manière qu'un premier ensemble ou paire d'éléments de guidage comportant une roulette de guidage 24 et un galet presseur 25 et un second ensemble ou paire d'éléments de guidage comportant une rou-
lette de guidage 24 et un galet presseur 25 soient disposés de part et d'autre de la sonde 16, dans la direction axiale du crayon combustible 8. La sonde
25 16 est elle-même montée mobile dans une direction perpendiculaire à la direction axiale, à l'intérieur d'un logement du support de sonde 15c.

Pour chacune des paires d'éléments de guidage, la roulette de guidage 24 et le galet presseur 25 sont placés en vis-à-vis de manière à assurer un guidage très précis du support de sonde sur la surface extérieure de
30 la gaine 8' du crayon combustible 8.

Les galets presseurs 25 sont montés mobiles dans une direction perpendiculaire à l'axe du tube de guidage 15a et du crayon 8, par des ressorts 26 qui peuvent être réglés par des moyens de réglage, par exemple à vis,

26'. On peut ainsi régler le serrage du tube entre les roulettes de guidage et les galets presseurs, de manière à éviter tout risque d'endommagement de la gaine du tube par une pression excessive. En tenant compte de la caractéristique des ressorts 26, on détermine la compression du ressort pour
5 exercer sur le tube une force qui n'est en aucun cas supérieure à 2 daN.

La sonde 16 comporte une partie de détection ou de palpation 16a ayant une surface de contact avec le tube 8 de forme cylindrique ou sphérique pour permettre un contact ponctuel avec la surface externe de la gaine du tube 8. La sonde 16 est maintenue en appui contre la surface externe de
10 la gaine du tube 8 par un ressort hélicoïdal 27 maintenu en compression par un moyen de réglage 27', de telle manière que la force d'appui de la sonde 16 sur le tube 8 soit, dans tous les cas, inférieure à 1 daN.

L'ensemble de support et de déplacement de la sonde à courants de Foucault 16 est donc réalisé de manière à éviter tout risque d'endommagement des crayons lors du déplacement de la sonde mobile du dispositif de
15 mesure dans la direction axiale du crayon de combustible 8.

De plus, les matériaux constituant les éléments venant en contact avec la surface extérieure du tube sont choisis de manière à éviter tout risque de pollution du crayon. De préférence, les roulettes de guidage 24 et les
20 galets presseurs 25 sont en acier inoxydable et la partie de contact 16a de la sonde 16 est en zircone.

Le dispositif de mesure comporte de plus un tube étalon qui est suspendu, dans une direction verticale, à l'intérieur de la piscine du combustible et présente au moins deux bagues étalon dont le diamètre est parfaitement
25 identique au diamètre nominal de la gaine d'un crayon de combustible 8 sur lesquelles on place des bagues en matière plastique dont l'épaisseur correspond à deux valeurs dans la gamme d'épaisseurs des couches d'oxyde d'un crayon de combustible. Ces valeurs sont généralement comprises entre quelques micromètres et à peu près 100 μm .

30 Préalablement à la mesure d'épaisseur d'oxyde sur un crayon de combustible, on engage le tube étalon dans le tube de guidage 15a du dispositif de mesure et on réalise un relevé des valeurs d'impédance de la sonde au niveau de chacune des bagues étalon, sous la forme de signaux

de tension qui sont numérisés et transmis à l'ordinateur de mesure 19. Ces mesures permettent de recadrer une courbe d'étalonnage pré-enregistrée donnant les valeurs d'épaisseur de couche d'oxyde en fonction des tensions représentatives de l'impédance de la sonde.

5 On effectue ensuite l'engagement du crayon de combustible 8 à l'intérieur du tube de guidage 15a du dispositif de mesure, comme représenté sur la figure 1.

La partie de contact 16a de la sonde 16 est mise en contact avec le crayon, au voisinage de l'une de ses extrémités comportant un bouchon 8a.

10 On réalise alors un déplacement de l'ensemble mobile du dispositif de mesure par commande de déplacement du descenseur 3, de manière que la sonde 16 se déplace suivant toute la longueur du crayon, suivant une génératrice de contact.

Pendant le déplacement de la sonde, on transmet en continu le signal de la sonde à l'appareil à courants de Foucault 18 qui détermine les valeurs d'impédance de la sonde et qui transmet à l'ordinateur 19 les signaux numérisés correspondants.

15 L'ordinateur 19 permet de calculer les épaisseurs d'oxyde recouvrant la gaine du crayon de combustible aux différents points balayés par la sonde.

20 Le micro-ordinateur reçoit également, par l'intermédiaire de l'unité de commande 21, les indications du codeur d'altitude 9 du descenseur 3, déterminant les positions de l'ensemble mobile de mesure et de la sonde 16. L'ordinateur calcule les valeurs des épaisseurs d'oxyde en micromètres, en fonction de la position de la sonde suivant la longueur du crayon (en millimètres).

25 On a représenté sur la figure 4 une courbe représentative de l'épaisseur d'oxyde sur la surface du crayon en fonction de la position du point de mesure suivant la longueur du crayon (mesurée en millimètres à partir d'une extrémité du crayon).

30 La courbe est affichée sur l'écran de l'ordinateur et les valeurs de l'épaisseur de la couche d'oxyde sont enregistrées dans un fichier, en correspondance avec une référence relative à la génératrice du crayon de

combustible. Bien entendu, pour chacun des crayons de combustible, on peut réaliser plusieurs courbes correspondant à plusieurs génératrices qui sont repérées sur l'écran de contrôle et référencées par une indication numérique. On déplace le crayon combustible en rotation autour de son axe, 5 entre deux déplacements du dispositif de mesure pour réaliser la mesure d'épaisseur de la couche d'oxyde suivant une première et suivant une seconde génératrices. On utilise l'outil 7 pour faire tourner le crayon 8 autour de son axe.

On peut effectuer la mesure sur chacun des crayons de combustible stockés dans les espaces de stockage provisoire 22 de la platine 10, ces espaces de stockage pouvant être regarnis par des crayons d'assemblage de combustible, lorsqu'on a effectué les mesures sur l'ensemble des crayons stockés.

L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui a été décrit.

15 C'est ainsi que le dispositif de mesure et en particulier l'ensemble mobile du dispositif de mesure peut être réalisé d'une manière différente de celle qui a été décrite.

L'invention peut s'appliquer à tout crayon de combustible ayant une gaine de forme cylindrique sur laquelle se forme une couche d'oxyde dont 20 l'évolution doit être surveillée pendant la durée de vie du crayon.

Bien entendu, la mise en œuvre de l'invention nécessite que les crayons de combustible puissent être extraits de l'ossature de l'assemblage de combustible.

REVENDEICATIONS

1.- Procédé de mesure de l'épaisseur d'une couche d'oxyde sur la surface latérale externe d'un crayon de combustible (8) comportant une gaine cylindrique renfermant des pastilles de matériau combustible nucléaire, caractérisé par le fait qu'on déplace une sonde à courants de Foucault (16) au contact de la surface latérale du crayon (8) suspendu sous eau dans une piscine (2) et disposé avec son axe dans une direction verticale, suivant une génératrice de la gaine du crayon (8) et qu'on récupère et qu'on traite le signal de la sonde à courants de Foucault (16), de manière à déterminer l'épaisseur d'une couche d'oxyde en chacun des points de contact de la sonde (16) avec la gaine du crayon (8).

2.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on déplace la sonde à courants de Foucault (16), successivement, suivant au moins deux génératrices de la gaine du crayon de combustible (8), en faisant tourner le crayon (8) autour de son axe, entre le déplacement de la sonde (16) suivant une première génératrice et le déplacement de la sonde (16) suivant une seconde génératrice.

3.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait qu'on visualise sur une image vidéo et qu'on repère sur l'image vidéo la génératrice suivant laquelle on déplace la sonde à courants de Foucault (16).

4.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'on enregistre et qu'on visualise une courbe représentative des variations de l'épaisseur de la couche d'oxyde suivant la génératrice de la gaine du crayon de combustible (8).

5.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait qu'on détermine l'épaisseur de la couche d'oxyde à partir du signal de la sonde à courants de Foucault (16) et d'une courbe d'étalonnage qui est réactualisée par déplacement de la sonde sur un tube étalon avant d'effectuer la mesure sur un crayon de combustible (8).

6.- Dispositif de mesure de l'épaisseur d'une couche d'oxyde sur la surface latérale externe d'un crayon de combustible (8) ayant une gaine cylindrique (8') renfermant des pastilles de matériau combustible nucléaire

comportant une sonde à courants de Foucault (16) et des moyens (18) de détermination de l'impédance de la sonde à courants de Foucault (16) alimentée en courant alternatif, en contact avec la surface latérale externe de la gaine du crayon combustible (8), caractérisé par le fait qu'il comporte de plus :

5 - un outil (7) de suspension et de maintien du crayon combustible (8) sous eau, dans une disposition verticale à l'intérieur d'une piscine (2) d'un réacteur nucléaire,

10 - un ensemble (15) de support de la sonde à courants de Foucault (16) et de guidage de la sonde à courants de Foucault (16) dans une direction verticale, suivant une génératrice du crayon de combustible (8) suspendu à l'outil (7), et

15 - un moyen (19) de calcul de l'épaisseur d'oxyde en chacun des points de contact de la sonde à courants Foucault (16) avec la gaine (8') du crayon combustible (8) à partir des signaux des moyens de détermination (18) reliés à la sonde à courants de Foucault (16).

20 7.- Dispositif suivant la revendication 6, caractérisé par le fait que l'ensemble (15) de guidage et de déplacement de la sonde à courants de Foucault (16) est fixé sur une partie mobile (3a) d'un descenseur (3) de la piscine (2).

25 8.- Dispositif suivant la revendication 7, caractérisé par le fait qu'un codeur d'altitude (9) est associé au descenseur (3) de façon à déterminer de manière précise la position suivant la direction verticale, de la partie mobile (3a) du descenseur et à synchroniser l'acquisition des points de mesure d'épaisseur suivant la longueur du crayon au mouvement du descenseur (3).

30 9.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé par le fait que l'ensemble de support et de guidage de la sonde (6) comporte un tube de guidage (15a) destiné à recevoir le crayon de combustible (8) et un support de sonde (15c) comportant deux paires (24, 25) d'éléments de guidage de l'ensemble (15) sur la surface externe du crayon (8).

10.- Dispositif suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que chacune des paires d'éléments de guidage (24, 25) de l'ensemble de sup-

port et de guidage (15) de la sonde (16) comporte une roulette de guidage (24) en prise avec la surface externe du crayon de combustible (8) et un galet presseur (25) en contact avec la surface externe du crayon combustible (8) en vis-à-vis de la roulette de guidage (24), les deux paires d'éléments de guidage étant disposées de part et d'autre de la sonde à courants de Foucault (16) dans la direction axiale du tube de guidage (15a) et du crayon de combustible (8).

11.- Dispositif suivant la revendication 10, caractérisé par le fait que les galets presseurs (25) sont rappelés contre la surface externe du crayon combustible (8) par des ressorts (26) associés à des moyens (26') de réglage de la compression des ressorts.

12.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 6 à 11, caractérisé par le fait que la sonde (26) est montée mobile dans le support de sonde (15c), dans une direction perpendiculaire à l'axe du tube de guidage (15a) et du crayon de combustible (8) et rappelée contre la surface externe du crayon combustible (8) par un ensemble comportant un ressort de compression (27) et un moyen (27') de réglage de la compression du ressort (27).

13.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 6 à 12, caractérisé par le fait qu'il comporte de plus une caméra vidéo (14) de visualisation d'une zone de la surface externe de la gaine du crayon (8) comportant la génératrice suivant laquelle on déplace la sonde à courants de Foucault (16).

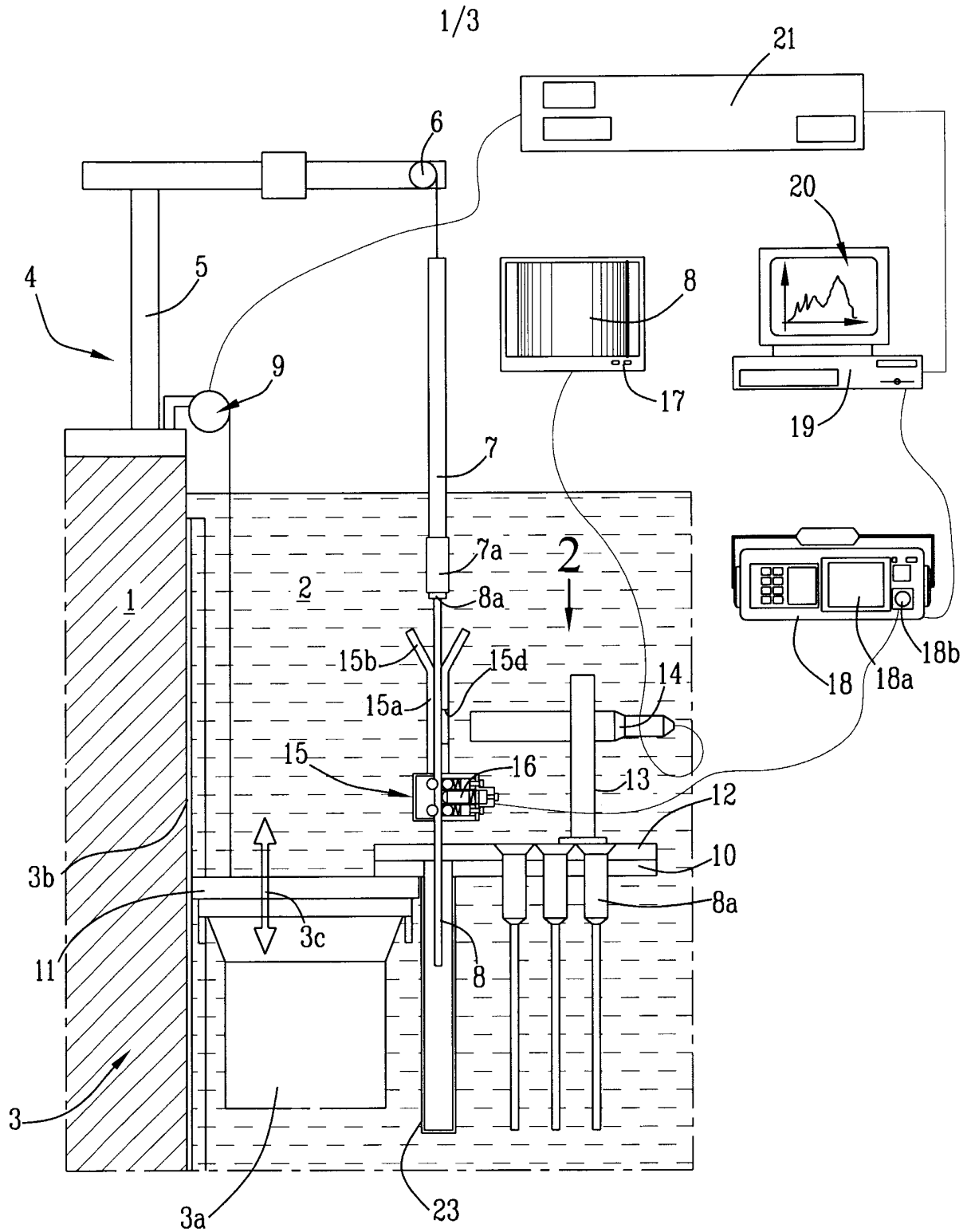
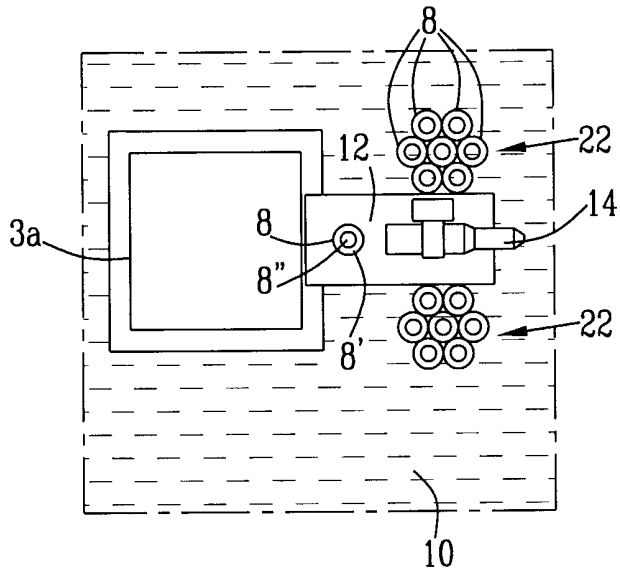
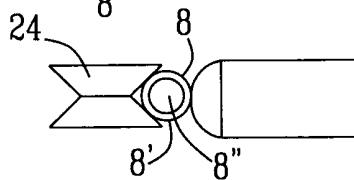
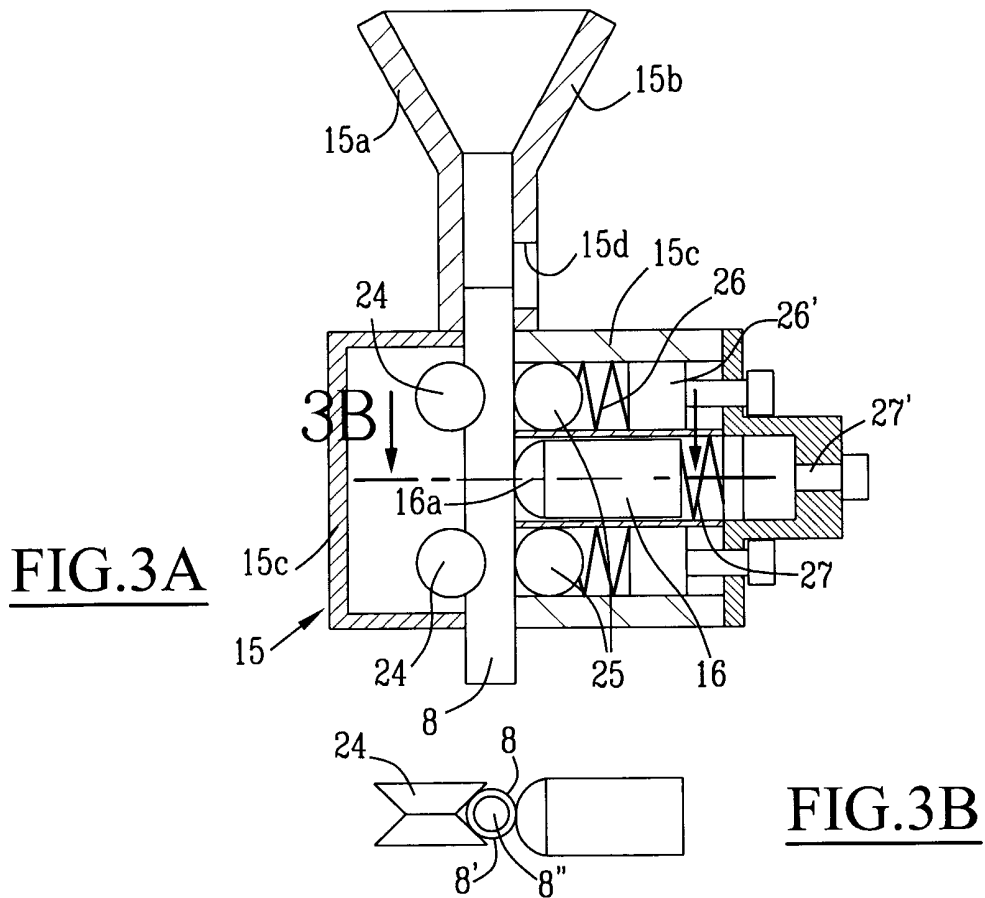
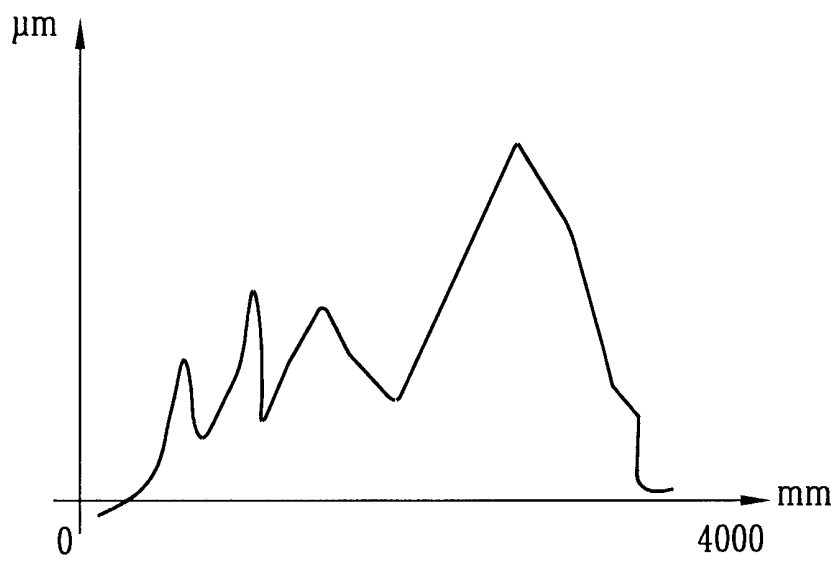


FIG. 1

2/3

FIG. 2

3/3

FIG.4

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	JP 11 142577 A (HITACHI LTD;HITACHI NUCLEAR ENG CO LTD) 28 mai 1999 (1999-05-28)	1,4,6,7	G01B7/06 G21C17/06
Y	* alinéa '0041! *	9,10	
A	---	2,12	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 260 (P-494), 5 septembre 1986 (1986-09-05) & JP 61 086601 A (HITACHI LTD;OTHERS: 02), 2 mai 1986 (1986-05-02)	1,3,4,6, 7,13	
A	* abrégé *	2	
X	EP 1 017 061 A (SIEMENS AG) 5 juillet 2000 (2000-07-05)	1,4-8	
A	* le document en entier *	12	
Y	US 4 766 374 A (GLASS III SAMUEL W ET AL) 23 août 1988 (1988-08-23)	9,10	
A	* abrégé *	11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			G01B G21C G01N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 août 2001		Clevorn, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	