

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

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

2 478 316

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 05908

(54) Procédé de dosage d'uranium (VI) ou d'acide dialkyldithiophosphorique présent dans un solvant organique.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 N 31/22 // G 21 C 19/42.

(22) Date de dépôt..... 17 mars 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° 38 du 18-9-1981.

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, résidant en France.

(72) Invention de : Richard Fitoussi, Sylvie Lours et Claude Musikas.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Brevatome,
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

La présente invention a pour objet un procédé de dosage d'uranium (VI) ou d'acide dialkyldithiophosphorique présent dans un solvant organique comprenant un composé organophosphoré neutre à atome d'oxygène donneur d'électrons, tel qu'un solvant organique constitué par du phosphate de tributyle dilué dans du dodécane.

On sait que dans les installations d'extraction d'uranium à partir de minerais ou dans les installations de retraitement de combustibles irradiés, on réalise généralement une extraction de l'uranium dans un solvant organique, puis une réextraction de cet uranium dans une solution aqueuse.

Aussi, pour contrôler le fonctionnement de ces installations, il est d'un grand intérêt de pouvoir vérifier rapidement quelles sont les teneurs résiduelles en uranium des solvants organiques sortant de l'étage de réextraction.

Actuellement le dosage de l'uranium présent dans ces solvants organiques est réalisé par une méthode colorimétrique au moyen de dibenzoylméthane. Cependant, cette méthode nécessite des opérations complexes et ne permet pas de ce fait d'obtenir facilement et rapidement les résultats du dosage. De plus, selon ce procédé, la coloration est due à une transition intramoléculaire du ligand lié, ce qui n'est pas spécifique.

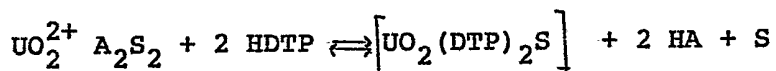
La présente invention a précisément pour objet un procédé de dosage d'uranium ou d'acide dialkyldithiophosphorique présent dans un solvant organique, qui a justement l'avantage d'être simple, rapide et fiable.

Le procédé, selon l'invention, de dosage d'uranium (VI) ou d'acide dialkyldithiophosphorique présent dans un solvant organique comprenant un composé organophosphoré neutre à atome d'oxygène donneur d'électrons, se caractérise en ce que l'on ajoute audit solvant organique un acide dialkyldithiophosphorique ou un sel d'uranium (VI) de façon à transformer la totalité de l'uranium

(VI) ou de l'acide dialkyldithiophosphorique présent dans ledit solvant en un complexe mixte uranium VI-acide dialkyldithiophosphorique-composé organophosphoré, et en ce que l'on mesure la densité optique du solvant contenant en solution ledit complexe de façon à déterminer la concentration en complexe dudit solvant et sa teneur en uranium ou en acide dialkyldithiophosphorique.

Selon le procédé de l'invention, on transforme l'uranium (VI) ou l'acide dialkyldithiophosphorique en un complexe uranium VI-composé organophosphoré-acide dialkyldithiophosphorique, soit en faisant réagir l'uranium avec un excès d'acide dialkyldithiophosphorique, soit en faisant réagir l'acide dialkyldithiophosphorique avec un excès d'ions uranium (VI).

La formation de ce complexe correspond au schéma réactionnel suivant :



dans lequel S représente un composé organophosphoré neutre à atome d'oxygène donneur d'électrons, HDTP représente un acide dialkyldithiophosphorique et A représente un anion tel que Cl^- ou NO_3^- .

Etant donné que le complexe ainsi obtenu qui possède une bande de transfert de charge soufre-uranium assez intense est coloré, sa concentration dans le solvant peut être mesurée ensuite par spectrophotométrie, ce qui permet de déterminer la concentration en uranium (VI) ou en acide dialkyldithiophosphorique du solvant organique.

Ce procédé de dosage présente l'avantage d'être d'une mise en oeuvre très simple et de pouvoir ainsi être automatisé facilement. En effet, il suffit d'ajouter au solvant organique un seul réactif constitué soit par un sel d'uranium, soit par de l'acide dialkyldithiophosphorique, sans changement de phase, et d'effectuer ensuite uniquement une mesure de la densité optique du solvant.

De plus, il permet d'assurer avec une bonne précision, le dosage de traces d'uranium, notamment dans l'intervalle de concentrations 2.10^{-5} à 5.10^{-4} M/l d'uranium.

5 Selon l'invention, le composé organophosphoré comportant un atome d'oxygène donneur d'électrons présent dans le solvant organique est avantageusement du tributyl phosphate ou un composé répondant à la formule suivante :



15 dans laquelle R^1 , R^2 et R^3 qui peuvent être identiques ou différents, représentent un radical alkyle, alkoxyalkyle ou aryle.

A titre d'exemple de tels composés organophosphorés, on peut citer l'oxyde de trioctylphosphine, l'oxyde de di-n-hexyloctoxyméthyl phosphine, l'oxyde de di-phényl-octoxyméthyl phosphine, l'oxyde de di-isobutyl-octoxyméthyl phosphine, l'oxyde de di-n-butyl-octoxyméthyl phosphine et l'oxyde de di-n-pentyl-octoxyméthyl phosphine.

25 Selon un premier mode de réalisation du procédé de l'invention, destiné au dosage d'uranium (VI) présent dans un solvant organique, on ajoute au solvant organique un excès d'acide dialkyldithiophosphorique de façon à transformer la totalité de l'uranium présent dans le solvant organique en un complexe mixte uranium-acide dialkyldithiophosphorique-composé organophosphoré, et on mesure la densité optique du solvant contenant ledit complexe de façon à déterminer la concentration en complexe dudit solvant organique et sa teneur en uranium.

35 Selon l'invention, l'acide dialkyldithiophosphorique est avantageusement constitué par l'acide

di-2-éthylhexyl-dithiophosphorique, l'acide dibutyldithiophosphorique, ou encore l'acide bis(2,6-diméthyl-4-heptyl)dithiophosphorique. De préférence, on utilise l'acide dibutyldithiophosphorique.

5 Selon l'invention, pour complexer la totalité de l'uranium présent dans le solvant organique, on ajoute au solvant une quantité d'acide dialkyldithiophosphorique telle qu'elle corresponde à un excès d'acide par rapport à la quantité d'uranium présente dans le solvant
10 organique.

 Par ailleurs, lorsque l'on utilise le procédé de l'invention, pour doser l'uranium dans un solvant ayant servi à l'extraction de nitrate d'uranyle, on utilise un excès plus important d'acide dialkyldithiophosphorique, car une partie de ce réactif peut être dégradé par les ions nitreux éventuellement présents dans
15 le solvant organique contenant du nitrate d'uranyle.

 Pour des concentrations en uranium de 5 à 100 mg/l, on utilise avantageusement une concentration en
20 acide dialkyldithiophosphorique supérieure à 0,1 M/l de solvant.

 Après formation du complexe, la mesure de la densité optique du solvant organique contenant le complexe est effectuée au moyen de dispositifs classiques
25 tels qu'un spectrophotomètre, avantageusement à une longueur d'onde de 390 nm.

 Selon un second mode de réalisation du procédé de l'invention adapté au dosage d'acide dialkyl dithiophosphorique présent dans un solvant organique, on ajoute
30 audit solvant organique un excès de sel d'uranium VI de façon à transformer la totalité de l'acide dialkyldithiophosphorique présent dans le solvant en un complexe mixte uranium-acide dialkyldithiophosphorique-composé organophosphoré, et on mesure la densité optique du solvant
35 contenant ledit complexe de façon à déterminer la concentration en complexe du solvant et sa teneur en acide dialkyldithiophosphorique.

Le sel d'uranium utilisé peut être constitué par du nitrate ou du chlorure d'uranyle.

De préférence, on utilise le chlorure d'uranyle qui ne conduit pas à la formation de sous-produits gênants.

Ce second mode de mise en oeuvre du procédé de l'invention peut être utilisé pour doser les traces d'un acide dialkyldithiophosphorique tel que l'acide dibutyldithiophosphorique, l'acide di-2-éthylhexyl-dithiophosphorique et l'acide bis(2,6-diméthyl-4-heptyl)dithiophosphorique.

D'autres caractéristiques et avantages du procédé de l'invention apparaîtront mieux à la lecture des exemples suivants donnés bien entendu à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un diagramme représentant les variations de la densité optique du solvant à 390 nm en fonction de sa concentration en uranium,

- la figure 2 est un diagramme représentant les variations de la densité optique du solvant à 390 nm en fonction de sa concentration en acide dibutyldithiophosphorique (DBDTP),

- la figure 3 est un diagramme représentant les variations de la densité optique du solvant à 390 nm en fonction du temps (en mn) dans le cas où l'on a en solution organique des ions chlorures (courbe 1) ou nitrate (courbe 2). Dans les deux cas, la concentration en acide dibutyldithiophosphorique était voisine de 0,001 M,

- la figure 4 est un diagramme représentant les variations de la densité optique du solvant à 390 nm en fonction de sa teneur en acide dibutylphosphorique.

EXEMPLE 1

Cet exemple se rapporte au dosage de traces d'uranium présentes dans un solvant organique constitué

par du tributyl phosphate dilué dans du dodécane (hyfrane), la teneur en tributyl phosphate du solvant étant de 30% en volume, ce qui correspond aux solvants utilisés industriellement.

5 On ajoute au solvant contenant les traces d'uranium une quantité d'acide dibutyldithiophosphorique telle qu'elle corresponde à 0,2 M d'acide par litre de solvant, puis on détermine au moyen d'un spectrophotomètre CARY 17 la densité optique du solvant ainsi traité, à
10 une longueur d'onde de 390 nm.

 Les résultats obtenus avec des solutions dont la concentration en uranium varie de 0 à $2,5 \cdot 10^{-4}$ M/l sont donnés sur la figure 1 qui représente les variations de la densité optique D du solvant, en fonction de la
15 concentration en uranium de la solution de départ qui a été déterminée par potentiométrie au bichromate de potassium.

 Au vu de cette figure, on constate que la loi de Beer-Lambert est bien vérifiée car la densité optique
20 D du solvant augmente linéairement avec sa teneur en uranium, c'est-à-dire avec sa teneur en complexe, ce qui correspond à l'équation :

$$D = \epsilon l C$$

25 dans laquelle ϵ représente le coefficient d'extinction molaire, l la longueur de la cuve du spectrophotomètre et C la concentration en complexe du solvant.

30 Par ailleurs, on a vérifié que les résultats obtenus étaient similaires lorsqu'on effectuait la mesure de densité optique à 360 nm, exception faite du coefficient d'extinction molaire qui est alors plus important.

 Enfin, en utilisant différentes concentrations en acide dibutyldithiophosphorique (DBDTP), on a obtenu
35 les mêmes résultats et vérifié que les coefficients d'extinction molaire à 390 nm sont voisins de 3260 comme le montrent les résultats du tableau ci-après.

T A B L E A U.

Concentration en acide DBDTP (M)	ξ
0,05	3260
0,1	3280
0,15	3240

5

10 EXEMPLE 2

Cet exemple se rapporte au dosage de traces d'acide dibutyl dithiophosphorique dans un solvant organique constitué également par du tributylphosphate dilué dans du dodécane (tributyl phosphate 30%-hyfrane 70%).

15 On ajoute au solvant organique contenant les traces d'acide dibutyl dithiophosphorique un sel d'uranium constitué soit par du nitrate d'uranyle, soit par du chlorure d'uranyle, en quantité telle qu'elle corresponde à une concentration en sel d'uranium du solvant organique
20 de $3 \cdot 10^{-2}$ M/l de solvant. On mesure ensuite la densité optique du solvant en utilisant un spectrocolorimètre à 390 Nm.

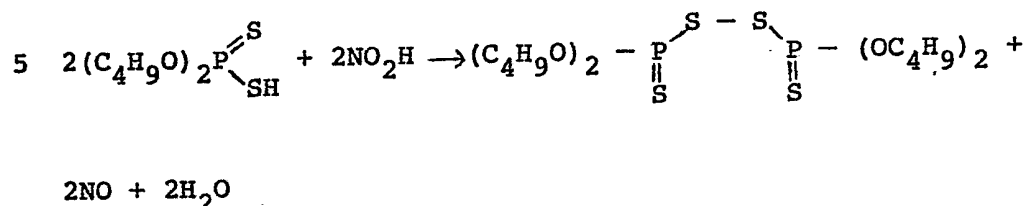
Les résultats obtenus pour diverses concentrations en acide dibutyl dithiophosphorique du solvant sont
25 donnés sur la figure 2 qui représente les variations de la densité optique du solvant en fonction de sa concentration en acide dibutyl dithiophosphorique.

Sur cette figure, la droite correspond au dosage effectué au moyen de chlorure d'uranyle et la courbe
30 en pointillé au dosage effectué au moyen de nitrate d'uranyle.

On constate ainsi que lorsqu'on utilise du nitrate d'uranyle, la loi de Beer-Lambert n'est pas bien suivie pour de faibles concentrations en acide dibutyl
35 dithiophosphorique.

On suppose que dans ce cas, le nitrate d'uranyle qui est obtenu par extraction de l'uranium en milieu

nitrique, contient une certaine quantité d'acide nitreux qui dégrade l'acide dibutyl dithiophosphorique selon le schéma réactionnel suivant :



10 Aussi, pour la mesure de faibles concentrations en acide dibutyl dithiophosphorique, il est préférable d'ajouter l'uranium sous la forme de chlorure, plutôt que sous la forme de nitrate.

15 Toutefois, on peut obtenir des résultats satisfaisants avec le nitrate d'uranyle en suivant la densité optique du solvant en fonction du temps afin de déterminer par extrapolation la concentration en complexe du solvant au moment du mélange comme cela est illustré dans l'exemple 3 ci-après.

20 EXEMPLE 3

Dans cet exemple, on étudie la stabilité de la coloration du solvant en fonction du temps dans le cas du dosage de faibles quantités d'acide dibutyl dithiophosphorique au moyen de nitrate ou de chlorure d'uranyle.

25 Pour réaliser ce dosage, on ajoute à un solvant organique identique à celui des exemples 1 et 2, ayant une concentration en acide dibutyl dithiophosphorique de 10^{-3} M, un excès de nitrate d'uranyle ou de chlorure d'uranyle, puis on mesure la densité optique du solvant
30 organique ainsi traitée sous 390 nm, en utilisant le même spectrocromimètre que dans l'exemple 2, et on suit son évolution en fonction du temps.

Les résultats obtenus sont donnés sur la figure 3 qui illustre les variations de la densité optique (D)
35 en fonction du temps (en minutes), la courbe 1 se rapportant au cas de l'addition de chlorure d'uranyle et la courbe 2 au cas de l'addition de nitrate d'uranyle.

On constate que dans le cas de la courbe 2, la coloration disparaît rapidement, ce qui confirme bien l'hypothèse d'une dégradation du réactif par un agent oxydant tel que l'acide nitreux présent dans le solvant.

5 EXEMPLE 4

Cet exemple illustre l'influence de la présence de traces d'acide dibutyl phosphorique dans le solvant organique, sur les résultats obtenus par le procédé de l'invention.

10 On sait qu'au cours du retraitement des combustibles irradiés, les solvants organiques constitués par du phosphate de tributyle sont dégradés par hydrolyse et par radiolyse alpha en donnant notamment comme sous-produit de l'acide dibutyl phosphorique. Or la présence de
15 ce sous-produit apparaît gênante pour effectuer un dosage colorimétrique de l'uranium par formation de complexe, car c'est un bon agent complexant de l'uranium.

Aussi, dans cet exemple, on étudie l'influence de la concentration en acide dibutyl phosphorique du solvant organique sur les résultats obtenus par le procédé
20 de dosage de l'invention.

Les solvants organiques utilisés qui sont identiques à celui de l'exemple 1 contiennent chacun 3.10^{-4} M/l d' UO_2^{2+} et des quantités variables d'acide dibutyl phosphorique.
25

Pour réaliser le dosage, on ajoute au solvant 0,2 M/l d'acide dibutyl dithiophosphorique, puis on détermine la densité optique du solvant ainsi traité, à 390 nm, en utilisant le même spectrocromimètre que dans
30 l'exemple 2.

Les résultats obtenus sont donnés sur la figure 4 qui représente les variations de la densité optique en fonction de la concentration en acide dibutyl phosphorique (DBP) du solvant (en g/l).

35 Au vu de cette figure, on constate que la densité optique est peu modifiée lorsque la concentration en

acide dibutyl phosphorique est inférieure à 0,2 g/l, ce qui est généralement le cas dans les solvants organiques provenant des installations de traitement de combustibles irradiés.

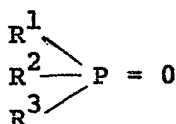
5 Aussi, la présence d'acide dibutyl phosphorique n'apparaît pas trop gênante pour le dosage colorimétrique.

10 De plus, pour éviter son influence éventuelle sur les résultats de dosage, on peut utiliser la méthode d'étalonnage interne qui consiste à effectuer deux mesures de densité optique, l'une sur le solvant à doser et l'autre sur le solvant à doser auquel on ajoute un solvant étalon, afin d'obtenir par extrapolation la concentration inconnue.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de dosage d'uranium (VI) ou d'acide dialkyldithiophosphorique présent dans un solvant organique comprenant un composé organophosphoré neutre à atome d'oxygène donneur d'électrons, caractérisé en ce que l'on ajoute audit solvant organique un acide dialkyldithiophosphorique ou un sel d'uranium (VI) de façon à transformer la totalité de l'uranium ou de l'acide dialkyldithiophosphorique présent dans ledit solvant en un complexe mixte uranium VI-acide dialkyldithiophosphorique-composé organophosphoré, et en ce que l'on mesure la densité optique du solvant contenant en solution ledit complexe de façon à déterminer la concentration en complexe dudit solvant et sa teneur en uranium ou en acide dialkyldithiophosphorique.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le composé organophosphoré neutre à atome d'oxygène donneur d'électrons répond à la formule suivante :



25 dans laquelle R^1 , R^2 et R^3 qui peuvent être identiques ou différents représentent un radical alkyle, alkoxyalkyle ou aryle.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit composé organophosphoré neutre est choisi dans le groupe comprenant l'oxyde de trioctyl phosphine et l'oxyde de di-n-hexyl-octoxyméthyl phosphine.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le composé organophosphoré neutre à atome d'oxygène donneur d'électrons est du tributylphosphate.

5. Procédé de dosage d'uranium (VI) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il consiste à ajouter au solvant organique un excès d'acide dialkyldithiophosphorique de façon à transformer la totalité de l'uranium présent dans ledit solvant en un complexe mixte uranium-acide dialkyldithiophosphorique-composé organophosphoré, et à mesurer la densité optique du solvant contenant ledit complexe de façon à déterminer la concentration en complexe dudit solvant et sa teneur en uranium.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'acide dialkyldithiophosphorique est l'acide dibutyldithiophosphorique.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que l'on mesure la densité optique du solvant à 390 nm.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que la quantité d'acide dialkyldithiophosphorique ajoutée audit solvant est supérieure à 0,1 M d'acide par litre de solvant.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, de dosage d'acide dialkyldithiophosphorique, caractérisé en ce qu'il consiste à ajouter audit solvant organique un excès de sel d'uranium (VI) de façon à transformer la totalité de l'acide dialkyldithiophosphorique présent dans le solvant en complexe mixte uranium-acide dialkyldithiophosphorique-composé organophosphoré, et à mesurer la densité optique du solvant contenant ledit complexe de façon à déterminer la concentration en complexe du solvant et sa teneur en acide dialkyldithiophosphorique.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le sel d'uranium est le nitrate d'uranyle.

11. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le sel d'uranium est du chlorure d'uranyle.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que l'on mesure la densité optique à 390 nm.

5 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que l'acide dialkyldithiophosphorique est l'acide di-2-éthylhexyl-dithiophosphorique, l'acide dibutyldithiophosphorique ou l'acide bis(2,6-diméthyl-4-heptyl)dithiophosphorique.

1/2

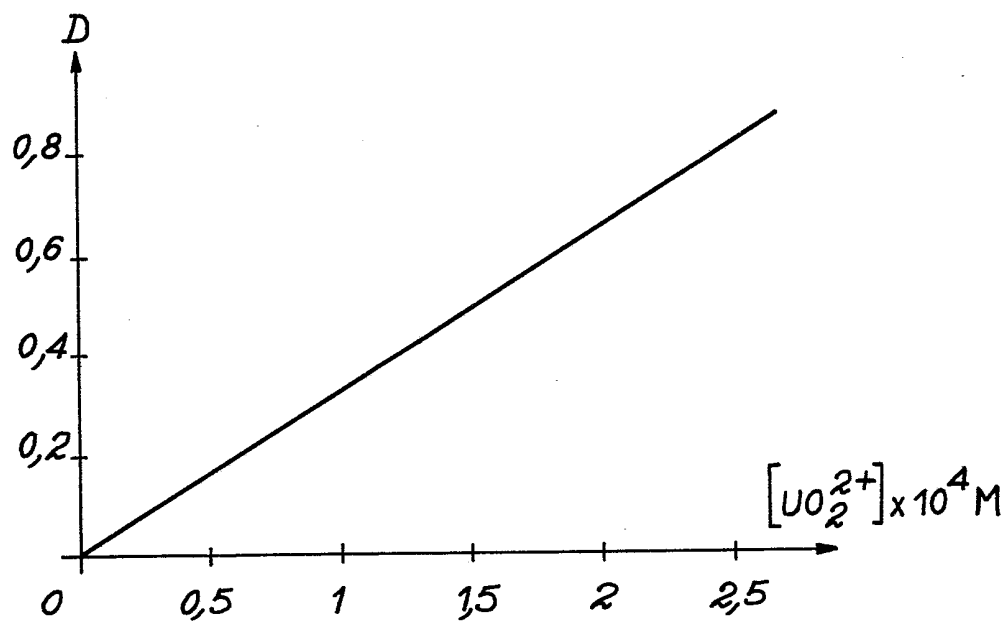


FIG. 1

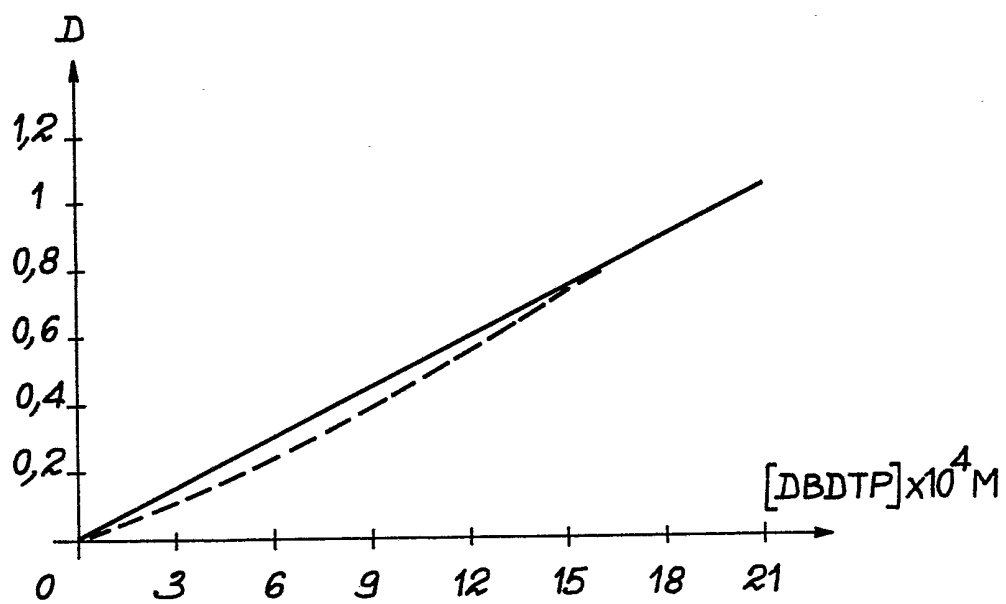


FIG. 2

2/2

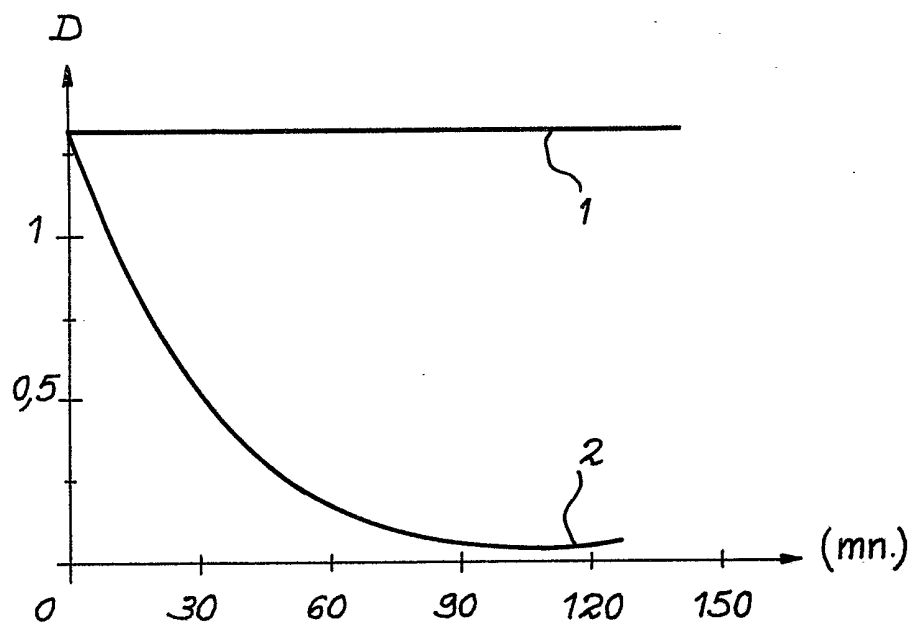


FIG. 3

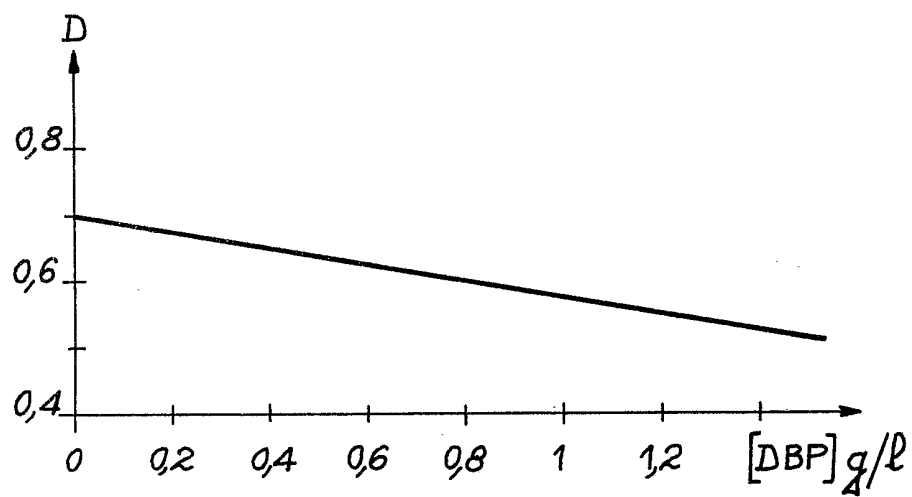


FIG. 4