

①



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪ Numéro de publication:

0 152 336
B1

⑫

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④

Date de publication du fascicule du brevet:
20.04.88

⑤

Int. Cl.⁴: **C 25 D 9/08, E 02 B 3/00**

①

Numéro de dépôt: **85400167.4**

②

Date de dépôt: **01.02.85**

⑤

Procédé pour orienter et accélérer la formation de concrétions en milieu marin et dispositif pour sa mise en oeuvre.

③

Priorité: **03.02.84 FR 8401697**

⑦

Titulaire: **Société à Responsabilité Limitée REP MARINE, 14 Rue de l'Héronnière, F-44000 Nantes (FR)**

④

Date de publication de la demande:
21.08.85 Bulletin 85/34

⑧

Inventeur: **Streichenberger, Antonius Olivier, 14 rue de l'Héronnière, F-44000 Nantes (FR)**

⑤

Mention de la délivrance du brevet:
20.04.88 Bulletin 88/16

⑨

Mandataire: **Lemonnier, André, 4 Boulevard Saint-Denis, F-75010 Paris (FR)**

⑧

Etats contractants désignés:
BE DE FR GB IT NL SE

⑥

Documents cités:
FR - A - 1 321 837
GB - A - 540 487
US - A - 4 246 075

EP 0 152 336 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne la formation de concrétions calcaires en milieu marin et plus généralement dans un électrolyte amphotère tel que l'eau de mer, contenant au moins des ions magnésium, calcium et carbonates.

Dans US-A-4 246 075, on a proposé de former de telles concrétions en connectant une source de courant électrique continu entre une cathode formant le noyau de la concrétion et une ou plusieurs anodes disposées au voisinage de la cathode. Ce procédé assure la formation sur la cathode d'un dépôt minéral.

Ce procédé exige toutefois une source d'alimentation en courant continu connectée aux électrodes. Il est évident que la présence obligatoire d'une alimentation en courant continu constitue une limitation importante pour l'application du procédé.

On connaît, d'autre part, les procédés dits de protection cathodique par anodes sacrificielles dans lesquels, pour protéger une surface en métal, en général un métal ferreux, contre la corrosion de l'eau de mer, on immerge dans l'eau de mer ou met en contact avec l'eau de mer au contact de la surface à protéger, à faible distance de cette dernière, une électrode anodique en un métal ou un alliage métallique présentant un potentiel spontané plus électro-négatif que le métal à protéger et par exemple en alliages d'aluminium, de zinc ou de magnésium. Le rapport de la surface de l'électrode anodique à la surface à protéger est d'environ 1/50 à 1/500ème et les densités de courant cathodique sont de l'ordre de 10^{-3} A/m² à 0,5 A/m² de sorte que la durée de vie des anodes est longue, la protection étant assurée pendant la dite durée de vie.

Une étude détaillée du mécanisme de la protection cathodique en milieu marin a conduit à l'explication qu'il se produit sur la surface de la cathode une couche mince constituée principalement par de l'aragonite ou carbonate de calcium finement cristallisé ainsi que le sont aussi les autres minéraux présents, couche qui augmente la résistance électrique entre la cathode et l'eau de mer. Lorsque cette couche mince se trouve détruite mécaniquement, elle se reforme sous l'influence du couple électrolytique existant entre l'anode et la cathode. Le phénomène mis en œuvre dans la protection cathodique semblait s'opposer à la formation de couches concrétionnées sous des épaisseurs importantes du fait notamment de la production d'une couche peu perméable à cristallisation fine.

Une étude des structures des couches et une étude comparative du phénomène de concrétion en milieu marin tel que décrit dans US-A-4 246 075 et du phénomène de protection cathodique, ont conduit à l'observation que, selon la valeur du pH, il se produisait préférentiellement un dépôt de brucite (hydroxyde de magnésium) pour un pH voisin et supérieur à 9,5 alors que, pour un pH inférieur, il peut se produire un dépôt d'aragonite (carbonate de calcium). En outre l'ex-

périence a montré qu'avec une densité de courant cathodique élevée donnant un dépôt rapide, il se produit de la brucite sous forme de grands cristaux avec une structure poreuse et une résistivité électrique faible alors qu'une densité de courant cathodique faible donne un dépôt de petits cristaux avec une structure imperméable et une résistivité électrique élevée. En outre en l'absence d'un couple galvanique, la brucite à cristallisation grossière se dissout dans l'eau de mer en maintenant à l'intérieur de sa masse un pH élevé correspondant à un pH de dépôt actif de l'aragonite. Après suppression du potentiel anodique, le dépôt à dominante brucite se transforme sous certaines conditions en une concrétion à dominante aragonite.

La présente invention a pour but de créer, par le procédé de dépôt électrolytique dit par anodes sacrificielles, utilisé en protection cathodique, une couche importante d'un dépôt à prédominance de brucite à gros cristaux donnant une masse poreuse à forte teneur en eau susceptible de se transformer ensuite en une concrétion à dominante d'aragonite.

Ce but est atteint, conformément à l'invention, en mettant en œuvre une cathode métallique dont la forme correspond au squelette de la concrétion à obtenir et une anode en un métal ou alliage métallique plus électro-négatif que le métal ou l'alliage de la cathode, en immergeant l'anode et la cathode dans le milieu marin contenant des ions magnésium, calcium et carbonates et en interconnectant électriquement les deux électrodes, le procédé selon l'invention étant caractérisé en ce qu'on n'impose pas de courant entre les deux électrodes et que le rapport de la surface de l'anode à la surface de la cathode est compris entre 1/30 et 2/1, avec une masse de l'anode suffisante pour maintenir ce rapport à l'intérieur des dites limites pendant la période nécessaire au dépôt de la concrétion à dominante de brucite sous l'épaisseur recherchée.

Avec le rapport ci-dessus entre les surfaces anodique et cathodique, la densité du courant cathodique est supérieure à 0,5 A/m² et en général à 1 A/m² et le pH au contact de la cathode est supérieur à 9,5, ce qui entraîne un dépôt à dominante de brucite. La durée pendant laquelle l'anode, qui perd progressivement du poids et de la surface, continue à présenter un rapport de surface supérieur à 1/30, dépend de la résistivité et donc en partie de la salinité de l'électrolyte qui peut être de l'eau de mer, de l'eau saumâtre ou une eau rendue artificiellement saline.

La brucite selon les conditions du dépôt et notamment de la vitesse se dissout plus ou moins rapidement lorsque le pH s'abaisse par suite de la réduction de la densité du courant cathodique. Avec un dépôt à dominante de brucite déposé rapidement, la vitesse de dissolution de la brucite risque d'être tellement élevée que la lente croissance des cristaux d'aragonite ne permet pas d'assurer le remplissage des vides de dissolution.

Pour y remédier et selon une autre caractéristique de l'invention on maintient, après formation

de la couche de dépôt à dominante de brucite d'épaisseur voulue, une densité de courant cathodique assurant un pH inférieur au pH de dissolution de la brucite mais supérieur au pH du milieu marin au moyen d'une seconde anode sacrificielle ayant un rapport de surface à la surface de la cathode inférieur à celui compris entre 1/30 et 2/1, ayant assuré le dépôt de la concrétion à dominante de brucite.

A titre indicatif le potentiel spontané de l'acier dans une eau de mer à température variant de 5 à 20 °C, avec un pH voisin de 8,20 et une salinité de 35‰ est compris entre -800 et -1350 mV par rapport à l'électrode de référence au calomel saturé (ECS) suivant la densité de courant cathodique appliquée. On peut utiliser comme métal de l'anode soit un alliage d'aluminium avec un potentiel électro-négatif voisin de -1100 mV (ECS), un alliage de zinc avec un potentiel électro-négatif voisin de -1050 mV (ECS) ou un alliage de magnésium avec un potentiel électro-négatif voisin de -1500 mV (ECS).

Selon une autre caractéristique de l'invention la cathode et l'anode sont en contact électrique direct, les éléments formant l'anode, par exemple des barres ou des fils étant insérés dans un réseau d'éléments de forme correspondante formant la cathode avec des contacts répartis à l'intérieur du réseau.

Les conditions imposées par le procédé font que, pour obtenir la densité de courant cathodique nécessaire il faut mettre en œuvre des éléments de cathode dont la section est supérieure à un minimum. En conséquence, dans le réseau, les éléments de cathode présentent un écartement notable. Or il est souvent intéressant d'augmenter le volume du dépôt à dominante brucite ou sa résistance mécanique, ce que ne peuvent assurer les éléments cathodiques à fort écartement et, conformément à l'invention, ce résultat est atteint en incorporant dans le réseau formant le dispositif, des charges inertes par exemple sables, fibres naturelles ou synthétiques. Il entre également dans le cadre du procédé de noyer au moins la cathode dans une masse poreuse d'éléments inertes, par exemple des sables ou des fibres, cette masse étant imprégnée par le milieu marin.

La présente invention a également pour objet un dispositif pour la mise en œuvre du procédé afin de former une concrétion en milieu marin, ce dispositif comportant une structure en un métal ferreux correspondant au squelette de la concrétion à former, des éléments en un métal ou alliage présentant un potentiel spontané plus électro-négatif que le fer avec une connexion électrique entre la dite structure et les dits éléments, dispositif caractérisé en ce que la connexion électrique ne comporte pas de source de courant et le rapport de la surface des dits éléments à la surface de la structure étant compris entre 1/30 et 2/1.

Les éléments peuvent être sous forme de fils, de barres, de lames ou de barreaux ou sous forme de plaquettes. La connexion électrique peut être assurée par un conducteur intermédiaire relié électriquement à la structure en métal ferreux et au ou

aux éléments. Elle peut également être directe, les éléments étant solidarisés directement avec la structure en métal ferreux, par exemple par soudure ou serrage mécanique, de manière à assurer la dite connexion électrique.

Lorsque l'élément est sous forme d'une lame, ou d'une plaquette d'épaisseur quasi constante, il présente de préférence une surépaisseur formant noyau dont la surface périphérique est inférieure au 1/30ème de la surface superficielle de la structure, la connexion électrique étant assurée sur le dit noyau. Selon une autre caractéristique plusieurs types d'éléments sont prévus qui présentent des épaisseurs perpendiculaires à leurs surfaces superficielles, variables, le total des surfaces superficielles des éléments les plus épais étant inférieur à environ le trentième de la surface superficielle de la structure. Ces deux dernières caractéristiques ont pour objet de laisser subsister après consommation de la partie mince de l'élément qui assure le dépôt à dominante de brucite, un élément anodique électro-négatif freinant la dissolution de la brucite et favorisant la concrétion de la masse de brucite par l'aragonite.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la structure en métal ferreux est solidarisée mécaniquement avec des matériaux électriquement inertes se trouvant sous une forme poreuse tels que du sable enfermé dans une enveloppe poreuse, des fibres naturelles ou synthétiques, des tubes ou des gaines perforés, etc.

La structure en métal ferreux devant avoir une faible résistance électrique donc une section importante, section également nécessaire pour permettre le fonçage dans des fonds sableux, mais une surface au contact de l'électrolyte réduite pour avoir une forte densité de courant cathodique, il est possible de gainer la structure avec un isolant en réservant des plages à nu suivant des anneaux, des bandes ou des croisillons pour la fixation du dépôt à dominante de brucite. L'élément anodique peut être appliqué sous forme de plages à l'extérieur de la gaine avec contact électrique direct à travers l'isolant.

Le procédé et le dispositif sont susceptibles de recevoir de nombreuses applications.

Une première application est la construction accélérée de récifs artificiels sous-marins, le squelette du récif étant réalisé en métal ferreux par exemple en fils ou barres de fer avec des plaquettes ou des barres de magnésium et/ou d'aluminium fixées en étant réparties dans la structure.

Une seconde application est la stabilisation des fonds marins tels que les fonds sableux destinés à recevoir des constructions, cette stabilisation pouvant se faire soit par fonçage dans la masse sableuse poreuse, selon un réseau, d'électrodes formant cathodes et anodes avec les interconnexions électriques ou d'élément longilignes comportant à la fois les surfaces cathodiques et les éléments anodiques, soit par formation d'une concrétion superficielle en tapis en étendant sur le fond un grillage ou treillage soudé en métal ferreux avec des éléments anodiques associés.

Une troisième application d'un grand intérêt

économique est le bouchage des fissures et le colmatage des joints dans les ouvrages marins tels que les digues immergées ou submergées, les bassins divers, etc. par insertion dans les fissures ou joints d'un élément en forme de ruban, de torsade ou analogue comportant des éléments en métal ferreux et des éléments en aluminium, zinc ou leurs alliages.

On peut également envisager la construction ou le renforcement par concrétion dirigée de parties immergées ou submergées d'ouvrages marins tels que ducs d'albe, pontons, etc.

Les applications ci-dessus ne sont données qu'à titre d'exemples illustratifs.

Revendications

1. Un procédé pour orienter et accélérer la formation de concrétions en milieu marin naturel ou artificiel dans lequel on met en œuvre une cathode métallique dont la forme correspond au squelette de la concrétion à obtenir et une anode en un métal ou alliage métallique plus électro-négatif que le métal ou l'alliage de la cathode, en immergeant l'anode et la cathode dans le milieu marin contenant des ions magnésium, calcium et carbonates et en interconnectant électriquement les deux électrodes, caractérisé en ce qu'on n'impose pas de courant entre les deux électrodes et en ce que le rapport de la surface de l'anode à la surface de la cathode est compris entre 1/30 et 2/1, avec une masse de l'anode suffisante pour maintenir ce rapport à l'intérieur des dites limites pendant la période nécessaire au dépôt de la concrétion à dominante de brucite sous l'épaisseur recherchée.

2. Un procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on maintient, après formation de la couche de dépôt à dominante de brucite d'épaisseur voulue, une densité de courant cathodique assurant un pH inférieur au pH de dissolution de la brucite mais supérieur au pH du milieu marin au moyen d'une seconde anode sacrificielle ayant un rapport de surface à la surface de la cathode inférieur à celui, compris entre 1/30 et 2/1, ayant assuré le dépôt de la concrétion à dominante de brucite.

3. Un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'on utilise comme métal de l'anode, de l'aluminium, du zinc, du magnésium ou leurs alliages.

4. Un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la cathode et l'anode sont en contact électrique direct, les éléments formant l'anode, par exemple des barres ou des fils, étant insérés dans un réseau d'éléments de forme correspondante formant la cathode avec des contacts répartis à l'intérieur du réseau.

5. Un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on incorpore dans le réseau formant le dispositif, des charges inertes, par exemple sables, fibres naturelles ou synthétiques.

6. Un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on noie au moins la cathode dans une masse poreuse d'é-

léments inertes, par exemples des sables ou des fibres, cette masse étant imprégnée par le milieu marin.

7. Un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, comportant une structure en un métal ferreux correspondant au squelette de la concrétion à former et des éléments en un métal ou alliage présentant un potentiel spontané plus électro-négatif que le fer avec une connexion électrique entre la dite structure et les dits éléments, caractérisé en ce que la connexion électrique ne comporte pas de source de courant et en ce que le rapport de la surface des dits éléments à la surface de la structure est compris entre 1/30 et 2/1.

8. Un dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les éléments sont sous forme de fils, de barres, de lames ou de barreaux ou sous forme de plaquettes.

9. Un dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que la connexion électrique est assurée par un conducteur intermédiaire relié électriquement à la structure en métal ferreux et au ou aux éléments.

10. Un dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que la connexion électrique est directe, les éléments étant solidarisés directement avec la structure en métal ferreux, par exemple par soudure ou serrage mécanique, de manière à assurer la dite connexion électrique.

11. Un dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que l'élément est sous forme d'une lame, ou d'une plaquette d'épaisseur quasi constante et présente une surépaisseur formant noyau dont la surface périphérique est inférieure au 1/30ème de la surface superficielle de la structure, la connexion électrique étant assurée sur le dit noyau.

12. Un dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que plusieurs types d'éléments sont prévus qui présentent des épaisseurs perpendiculaires à leurs surfaces superficielles, variables, le total des surfaces superficielles des éléments les plus épais étant inférieur à environ le trentième de la surface superficielle de la structure.

13. Un dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 12, caractérisé en ce que la structure en métal ferreux est solidarisée mécaniquement avec des matériaux électriquement inertes se trouvant sous une forme poreuse.

14. Un dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que la structure est gainée avec un isolant en réservant des plages à nu suivant des anneaux, des bandes ou des croisillons.

15. Un dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'élément anodique est appliqué sous forme de plages à l'extérieur de la gaine avec contact électrique direct entre la structure et l'élément à travers la gaine.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausrichtung und Beschleunigung der Bildung von Ablagerungen in natürli-

chem oder künstlichem Meerwasser, bei dem man eine metallische Kathode, deren Form dem Skelett der zu erhaltenden Ablagerung entspricht, und eine Anode aus einem Metall oder einer metallischen Legierung, das bzw. die elektronegativer als das Metall oder die Legierung der Kathode ist, einsetzt, indem man die Anode und die Kathode in das Magnesium-, Kalzium- und Karbonationen enthaltende Meerwasser eintaucht und die beiden Elektroden elektrisch verbindet, dadurch gekennzeichnet, dass man keinen Strom zwischen den beiden Elektroden anlegt und dass das Verhältnis der Oberfläche der Anode zur Oberfläche der Kathode im Bereich von 1/30 bis 2/1 liegt, wobei die Masse der Anode ausreichend ist, um dieses Verhältnis im Inneren dieser Grenzen während der Zeitdauer zu halten, die zur Abscheidung der Ablagerung vorwiegend von Brucit unter der angestrebten Dicke erforderlich ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man nach Bildung der vorwiegend aus Brucit bestehenden Abscheideschicht gewünschter Dicke eine Kathodische Stromdichte, die einen pH-Wert unter dem Brucitauflösungs-pH-Wert, jedoch über dem pH-Wert des Meerwassers sichert, mittels einer zweiten Opferanode aufrechterhält, die ein niedrigeres Oberflächenverhältnis zur Oberfläche der Kathode als das im Bereich von 1/30 bis 2/1 liegende derjenigen aufweist, die die Abscheidung der Ablagerung vorwiegend von Brucit sicherte.

3. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass man als Metall der Anode Aluminium, Zink, Magnesium oder ihre Legierungen verwendet.

4. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode und die Anode in direktem elektrischen Kontakt sind, wobei die die Anode bildenden Elemente, z.B. Stangen oder Drähte, in ein Netz von die Kathode bildenden Elementen entsprechender Form mit im Inneren des Netzes verteilten Kontakten eingefügt sind.

5. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass man in das die Vorrichtung bildende Netz inerte Beschickungen, z.B. Sande, natürliche oder künstliche Fasern, einbringt.

6. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass man wenigstens die Kathode in einer porösen Masse inerter Elemente, z.B. Sande oder Fasern, einbettet, welche Masse durch das Meerwasser imprägniert wird.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem dem Skelett der zu bildenden Ablagerung entsprechenden Aufbau aus einem Eisenmetall und Elementen aus einem Metall oder einer Legierung mit einem selbständigen elektronegativeren Potential als das Eisen mit einer elektrischen Verbindung zwischen dem Aufbau und den Elementen, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung keine Stromquelle aufweist und dass das Verhältnis der Oberfläche der Elemente zur Oberfläche

des Aufbaus im Bereich von 1/30 bis 2/1 liegt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Elemente in Form von Drähten, Stangen, Blättern oder Stäben oder in Form von Plättchen sind.

9. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung durch einen Zwischenleiter gesichert wird, der elektrisch mit dem Aufbau aus Eisenmetall und dem oder den Elementen verbunden ist.

10. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung direkt ist, wobei die Elemente mit dem Aufbau aus Eisenmetall direkt, z.B. durch Schweißen oder mechanisches Klemmen, derart fest verbunden sind, um die elektrische Verbindung zu sichern.

11. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Element in Form eines Blattes oder eines Plättchens etwa konstanter Dicke ist und eine Überdicke unter Bildung eines Ansatzkerns aufweist, dessen Umfangsoberfläche unter 1/30 der Oberfläche des Aufbaus ist, wobei die elektrische Verbindung auf diesem Ansatzkern gesichert wird.

12. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Arten von Elementen vorgesehen sind, die variable, zu ihren Oberflächen senkrechte Dicken aufweisen, wobei die Gesamtheit der Oberflächen der dicksten Elemente unter etwa dem Dreißigstel der Oberfläche des Aufbaus ist.

13. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufbau aus Eisenmetall mechanisch mit elektrisch inerten Materialien verbunden ist, die sich in poröser Form befinden.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufbau mit einem Isolierstoff ummantelt ist, wobei blanke Zonen längs Ringen, Bändern oder Kreuzformen belassen sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das anodische Element in Form von Streifen an der Aussenseite der Ummantelung mit direktem elektrischem Kontakt zwischen dem Aufbau und dem Element durch die Ummantelung hindurch angebracht ist.

Claims

1. A process for orienting and accelerating the formation of concretions in a natural or artificial marine environment, wherein a metallic cathode having a shape corresponding to the skeleton of the concretion to be obtained and an anode made of a metal or a metallic alloy which is more electronegative than the metal or the alloy of the cathode are used by immersing the anode and the cathode in the marine environment containing magnesium, calcium and carbonate ions, and by electrically interconnecting the two electrodes, characterized in that the ratio of the surface of the anode to the surface of the cathode is between 1/30 and 2/1, with the anode mass sufficient to

keep this ratio within said limits during the period necessary for the deposition of the concretion comprised predominantly of brucite to the thickness desired.

2. A process according to claim 1, characterized in that, after the formation of the layer of the deposit comprised predominantly of brucite and having a desired thickness, a cathodic current density is maintained ensuring a pH which is lower than the pH of dissolution of the brucite, but is higher than the pH of the marine environment, by means of a second sacrificial anode having a surface ratio to the surface of the cathode which is lower than the one, comprised between 1/30 and 2/1, having assured the deposit of the concretion comprised predominantly of brucite.

3. A Process according to any one of claims 1 and 2, characterized in that aluminium, zinc, magnesium or alloys thereof are used as the metal for the anode.

4. A process according to any one of claims 1 to 3, characterized in that the cathode and the anode are in direct electrical contact, the elements constituting the anode, such as bars or wires, being inserted in a network of elements of corresponding shape constituting the cathode with contacts distributed within the network.

5. A process according to any one of claims 1 to 4, characterized in that inert fillers such as sands, natural or synthetic fibers are incorporated in the network constituting the apparatus.

6. A process according to any one of claims 1 to 3, characterized in that at least the cathode is sunk in a porous mass of inert elements, for example sands or fibers, this mass being impregnated by the marine environment.

7. An apparatus for practicing the process according to claim 1, comprising a ferrous metal structure corresponding to the skeleton of the concretion to be formed and elements made of a metal or an alloy having a spontaneous potential which is more electronegative than the iron with an electrical connection between said structure and said elements, characterized in that the electrical connection does not include a source of current and in that the ratio of the surface of said

5

10

15

20

25

30

35

40

45

elements to the surface of the structure is between 1/30 and 2/1.

8. An apparatus according to claim 7, characterized in that the elements are in the form of wires, bars, blades or small bars, or in the form of small plates.

9. An apparatus according to any one of claims 7 and 8, characterized in that the electrical connection is assured by an intermediate conductor which is electrically connected to the ferrous metal structure and to the element or elements.

10. An apparatus according to any one of claims 7 and 8, characterized in that the electrical connection is direct, the elements being directly joined to the ferrous metal structure, for example by welding or mechanical clamping, so as to ensure said electrical connection.

11. An apparatus according to any one of claims 7 to 10, characterized in that the element is in the form of a blade, or a small plate having a substantially constant thickness and has an increased thickness constituting a core whose peripheral surface is smaller than 1/30th of the superficial surface of the structure, the electrical connection being provided on said core.

12. An apparatus according to any one of claims 7 to 10, characterized in that several types of elements are provided having variable thicknesses perpendicular to their superficial surfaces, the total of the superficial surfaces of the thickest elements being less than about one thirtieth of the superficial surface of the structure.

13. An apparatus according to any one of claims 7 to 12, characterized in that the ferrous metal structure is mechanically joined to electrically inert materials which are in a porous state.

14. An apparatus according to claim 13, characterized in that the structure is encased with an insulator whilst maintaining bare surfaces in the shape of rings, strips or crosspieces.

15. An apparatus according to claim 14, characterized in that the anodic element is applied in the form of regions outside the sheath with a direct electrical contact between the structure and the element through the sheath.