

**EXAMEN EUROPEEN DE QUALIFICATION 1990**

**EPREUVE A  
ELECTRICITE / MECANIQUE**

**Cette épreuve contient:**

- |  |                   |
|--|-------------------|
| • Instructions aux candidats                               | 90/A(E/M)/f/1-2   |
| • Lettre du client   | 90/A(E/M)/f/3-10  |
| • Dessins du client  | 90/A(E/M)/f/11-13 |
| • Texte du document I<br>(Etat de la technique)            | 90/A(E/M)/f/14-15 |
| • Dessins relatifs au document I<br>(Etat de la technique) | 90/A(E/M)/f/16    |

## INSTRUCTIONS AUX CANDIDATS

Vous devez supposer que vous avez reçu de votre client la lettre jointe en annexe, qui comporte, d'une part, la description d'une invention pour laquelle il souhaite obtenir un brevet européen et, d'autre part, des renseignements relatifs à l'état de la technique le plus pertinent dont votre client a connaissance.

Vous devez accepter les faits exposés dans le sujet de l'épreuve et fonder vos réponses sur ces faits. Vous décidez sous votre propre responsabilité si vous faites usage de ces faits, et dans quelle mesure.

Vous ne devez faire usage d'aucune connaissance particulière que vous pourriez avoir sur l'objet de l'invention, mais vous devez admettre que l'état de la technique indiqué est effectivement exhaustif.

Il vous est demandé de rédiger une ou plusieurs revendications indépendantes donnant au demandeur le maximum de protection et ayant une chance raisonnable d'être admises par l'OEB, sans perdre de vue l'exigence d'activité inventive par rapport à l'état de la technique indiqué, les dispositions de la Convention concernant la forme des revendications, les autres conditions stipulées par la Convention, ainsi que les recommandations formulées dans les Directives relatives à l'examen pratiqué à l'OEB. Les revendications dépendantes ne devraient pas dépasser un nombre raisonnable, et elles devraient être telles que vous puissiez y trouver une position de repli au cas où la ou les revendication(s) indépendante(s) ne pourrai(en)t être admise(s).

Vous devez également rédiger un préambule, c'est-à-dire la partie de la description qui précède les exemples ou l'explication des dessins. Le préambule devrait commencer par un titre approprié et être suffisant pour appuyer toutes les revendications. En particulier, vous devrez examiner s'il est opportun de mentionner des avantages de l'invention dans le préambule.

Vous devez rédiger des revendications et un préambule de la description pour une seule demande de brevet européen. Si, au vu des conditions spécifiées par la Convention en matière d'unité d'invention, vous considérez que l'une quelconque de ces revendications devrait être déposée dans le cadre d'une demande de brevet distincte, vous devez l'indiquer séparément, sans développement supplémentaire à ce sujet.

Outre la solution que vous aurez proposée, vous pouvez, mais ce n'est pas obligatoire, donner sur une feuille de papier distincte les raisons du choix de votre solution, et indiquer par exemple pourquoi vous avez choisi telle ou telle forme de revendication, telle ou telle caractéristique pour une revendication indépendante, tel ou tel élément de l'état de la technique comme point de départ, ou pourquoi vous avez rejeté ou préféré un élément particulier de l'état de la technique. Tout exposé de ce genre devrait cependant être bref.

Nous supposons que vous avez étudié l'épreuve dans la langue que vous utilisez pour rédiger votre réponse. S'il n'en est pas ainsi, veuillez indiquer sur la première page de votre réponse la langue dans laquelle vous avez étudié l'épreuve. Cette indication est obligatoire pour tous les candidats qui, après en avoir fait la demande lors de l'inscription à l'examen, rédigent leur réponse dans une langue autre que l'allemand, l'anglais ou le français.

Lettre du client

Votre client écrit :

Pendant de nombreuses années, nous avons fabriqué des bains de zingage utilisés dans l'industrie pour recouvrir d'une couche de zinc des objets aussi divers que des poteaux de clôtures et des carrosseries de voiture en les immergeant dans le bain.

Le bain de zinc traditionnel consiste en un four universel destiné à la fusion de métaux, par exemple un creuset ou une cuve de fusion en matériau réfractaire, où le métal solide est chauffé par un chauffage à gaz généralement disposé en-dessous de la cuve ; une fois que le zinc est liquide et que le bain est prêt à être utilisé, le gaz doit être coupé étant donné que le processus de revêtement produit des crasses, des oxydes et autres impuretés qui tombent au fond du bain. Si le bain était chauffé pendant l'immersion des objets à revêtir, ces impuretés pourraient monter par convection dans la zone d'immersion. C'est pourquoi il est important d'éviter toute perturbation à la partie inférieure du bain de façon que les impuretés puissent s'y déposer.

Le bain traditionnel présente l'inconvénient que le procédé de revêtement doit être interrompu à intervalles réguliers, tout d'abord pour réchauffer le zinc, qui se refroidit bien sûr avec le temps et ensuite pour permettre d'enlever les impuretés ou de les laisser se redéposer après chauffage. Nous avons dans le passé commercialisé un bain qui permettait de remédier à cet inconvénient ; ce bain connu est décrit dans le document I et fait appel au chauffage à induction.

Dans le chauffage à induction, on soumet le zinc à un champ magnétique alternatif intense en faisant passer un courant dans un bobinage d'électro-aimant entourant une partie du bain ; ce champ induit des courants électriques qui circulent dans le zinc et qui le chauffent. Le bobinage d'électro-aimant peut

être considéré comme le primaire d'un transformateur, le métal fondu constituant un bobinage secondaire court-circuité. Le "bobinage secondaire" a une résistance finie et est chauffé par le courant.

Lorsqu'on utilise un dispositif de chauffage à induction, on chauffe directement le métal et sa température peut être ainsi précisément réglée. Etant donné que le dispositif de chauffage à induction du document I est disposé sur le côté du creuset, les impuretés échappent pratiquement à toute perturbation.

Le bain décrit dans le document I, bien que représentant un progrès considérable par rapport au bain traditionnel, présente cependant certains inconvénients dans la phase de démarrage. La position et la construction du dispositif de chauffage sont telles qu'il ne peut pas aisément faire fondre du zinc solide à l'état froid ; le creuset doit d'abord être chargé de zinc fondu jusqu'à ce que les canaux soient remplis et, même à ce stade, il ne peut pas faire fondre le zinc solide qui est ajouté ultérieurement dans un temps raisonnable du fait de la faible convection dans les canaux relativement longs qui relient le dispositif de chauffage au foyer. C'est pourquoi il est nécessaire de prévoir un four distinct pour faire fondre le zinc avant de charger complètement le bain. Au départ, les canaux doivent être débarrassés de tout zinc solide pouvant ralentir la convection pendant la phase de démarrage et, après utilisation, le zinc fondu doit être évacué en enlevant les bouchons représentés sur la figure 2 du document I. A défaut de cela, le redémarrage pourrait être ralenti par le zinc solidifié. Etant donné que le zinc chauffé est fourni par le dispositif de chauffage à la partie supérieure du bain et qu'il y a une faible convection, il existe un important gradient de température pouvant nuire à la qualité des objets revêtus.

Nos ingénieurs ont donc conçu un bain qui met en oeuvre un chauffage à induction mais qui ne présente pas les inconvénients ci-dessus mentionnés du bain décrit dans le document I.

Il fallait en outre concilier deux exigences contradictoires : d'une part, la nécessité de limiter la convection à un minimum de sorte que les impuretés soient maintenues à l'écart de la zone d'immersion et, d'autre part, la nécessité de rendre maximale la convection pour assurer la fusion de tout le zinc et une distribution de température uniforme dans toute la zone d'immersion. Ainsi, la convection doit être maîtrisée étroitement. Nous avons découvert qu'une méthode particulièrement avantageuse pour régler la vitesse de convection consiste à utiliser un champ magnétique tournant. En disposant les bobinages du dispositif de chauffage à induction de façon à ce qu'ils se chevauchent d'une manière prédéterminée, il est possible de produire un champ magnétique tournant apte à régler la vitesse d'écoulement dans le dispositif de chauffage en fonction des paramètres de fonctionnement du creuset. Le champ tournant est analogue au champ produit à l'intérieur d'un moteur électrique et qui entraîne en rotation une partie du moteur. La manière dont les bobinages doivent être disposés de façon à produire un tel champ moteur est bien connue de l'ingénieur expérimenté.

Au cours des travaux sur le problème de la convection, nos ingénieurs ont également trouvé des solutions au problème qui se pose dans des dispositifs de chauffage à induction, à savoir l'effet dit de striction. Lorsqu'un courant parcourt un conducteur, le champ magnétique qui est formé exerce un effet de compression sur le conducteur perpendiculairement à la direction du courant, effet qui, dans le cas d'un conducteur liquide, peut être suffisamment important pour couper le conducteur et rompre ainsi la continuité du circuit. Cela peut avoir un effet désastreux dans un bain puisqu'il en résulte une série d'ondes de choc à travers le métal fondu lorsque le circuit formé à travers le métal est interrompu et le courant coupé ; lorsque le courant ne passe plus, l'effet de striction cesse et le circuit se ré-établit de sorte que le processus se répète. Les ondes de choc qui en résultent peuvent endommager le revêtement réfractaire du four et être dangereuses pour le personnel de service.

La solution que nous avons utilisée dans le passé consistait à limiter la puissance maximale appliquée aux bobinages. Cependant, en cherchant à maîtriser la convection, nos ingénieurs ont découvert que la forme de la section transversale du canal à proximité immédiate des bobinages avait une influence déterminante non seulement sur la convection, mais également sur l'effet de striction, et que le choix d'une section transversale appropriée permettait un apport de puissance plus élevé au dispositif de chauffage.

L'invention va être décrite de façon plus détaillée ci-après à l'aide de la description et des dessins annexés.

Sur ces dessins :

La figure 1 est une coupe partielle d'un premier bain de zingage selon l'invention ;

La figure 2 est une coupe partielle d'un second bain de zingage selon l'invention ;

La figure 3 montre l'utilisation d'un champ magnétique tournant pour régler la vitesse et le sens d'écoulement dans le mode de réalisation de la figure 1 ;

La figure 4 montre l'utilisation de deux champs magnétiques tournant dans des directions opposées pour contrôler l'écoulement dans le mode de réalisation de la figure 2 ; et

La figure 5 montre en coupe une modification du bain de la figure 1 tandis que les figures 5a et 5b représentent respectivement une coupe selon V-V de la figure 5 et des coupes transversales du canal à différents endroits.

Le bain de zingage représenté à la figure 1 comprend un creuset cylindrique 1 dont les parois sont faites, de façon connue, d'une couche réfractaire de forte épaisseur. La couche réfractaire a un fond plat la sous lequel est monté un canal 2 à parois

réfractaires 3, ce canal formant une boucle dans un plan vertical et communiquant avec des côtés diamétralement opposés du fond du creuset. Le canal a une section circulaire constante sur la majeure partie de sa longueur mais, à ses extrémités, il s'évase en direction du creuset, les parois de celui-ci et du canal coopérant de façon à réduire au minimum les turbulences dans l'écoulement de zinc fondu. Les parois réfractaires du creuset et du canal peuvent, de façon connue, être constituées de briques réfractaires, la rigidité de l'ensemble étant assurée par des anneaux de béton 5 et une carcasse métallique externe 4 disposée au voisinage du canal.

Un dispositif de chauffage à induction est disposé sous le creuset. Ce dispositif comprend un noyau de transformateur 6 de section circulaire passant par le milieu de la boucle formée par le canal 2. Des culasses de transformateur 8, 9, s'étendent autour de la partie extérieure du canal et forment avec le noyau 6 un circuit magnétique fermé pour le flux magnétique produit par les bobinages inducteurs 10 montés sur le noyau. Des moyens de refroidissement (non représentés) entourent les bobinages et servent à empêcher une accumulation de chaleur excessive.

Les bobinages servent à produire un champ magnétique axial qui traverse le noyau et les culasses de transformateur ; ce champ axial pénètre dans le métal fondu et y induit d'une façon connue des courants de chauffage. Les bobinages produisent aussi un champ magnétique tournant servant à réguler la circulation de zinc fondu dans le canal. Si l'on se réfère à la figure 3, on peut voir que le champ tournant est analogue à celui d'un aimant droit tournant autour de l'axe du noyau 6. Ce champ tournant exerce une force  $F$  sur le métal fondu se trouvant dans le canal 2, force qui est analogue à celle exercée sur l'armature d'un moteur électrique. En agissant sur la vitesse de rotation du champ tournant, on peut régler la vitesse d'écoulement du métal fondu.

Le champ tournant et le champ axial peuvent être en principe produits par deux ensembles indépendants de bobinages ; mais, dans la pratique, il est apparu avantageux de prévoir un seul ensemble de bobinages pour les deux. En conséquence, le champ tournant tourne à une vitesse fixe prédéterminée qui est fonction de la fréquence d'alimentation et de la configuration des bobinages. La manière dont est réalisé le bobinage en vue de produire une composante de champ tournant et le circuit de réglage qu'il est nécessaire de prévoir sont bien connus dans le domaine des moteurs électriques et, par conséquent, ne seront pas décrits de façon plus détaillée.

En utilisation, on charge le canal avec une quantité suffisante de zinc fondu pour le remplir complètement et on applique progressivement du courant au dispositif de chauffage. La puissance appliquée pendant la phase d'échauffement est réglée de façon à éviter l'effet de striction et à empêcher une surchauffe du zinc qui circule mal jusqu'à ce que tout le contenu du creuset soit complètement fondu. On ajoute de manière continue du zinc soit à l'état fondu, soit sous forme de poudre jusqu'à ce que le creuset soit complètement chargé : la puissance totale peut alors être appliquée. Le zinc fondu est ensuite maintenu à une température de fonctionnement prédéterminée à l'aide d'une boucle de régulation thermostatique de type connu (non représentée). Le champ tournant assure un écoulement unidirectionnel du zinc dans le canal à une vitesse prédéterminée. La vitesse est maintenue suffisamment basse pour empêcher l'entraînement des impuretés dans la zone d'immersion à la partie supérieure du creuset, et leur permettre, au contraire, de retomber sous l'effet de leur propre poids avant d'atteindre cette zone, tout en maintenant une température constante dans toute la zone d'immersion.

Le bain représenté à la figure 1 est muni d'un seul canal, cependant il est possible de prévoir une pluralité de canaux munis de leurs bobinages respectifs. Une telle disposition est utile en matière de zingage car elle présente l'avantage que pour un débit donné de zinc fondu, la vitesse d'écoulement et par

conséquent la convection sont plus faibles. La figure 2 montre un exemple d'une telle disposition, les éléments qui ont les mêmes structure ou fonction que ceux de la figure 1, portant les mêmes références numériques. Dans ce mode de réalisation, deux canaux extérieurs 2a, 2b sont disposés dans un même plan et se raccordent à un canal intérieur commun 2c. Les canaux ont chacun un noyau 6 et des bobinages 10, les noyaux étant reliés par des culasses 8 pour former un circuit magnétique commun. Les bobinages sont disposés de manière à produire des champs magnétiques tournant dans des sens opposés, comme représenté sur la figure 4, de façon que le métal fondu s'écoule par les canaux extérieurs 2a, 2b, et revienne ensuite dans le creuset par le canal intérieur commun 2c. Le bain de la figure 2 est utilisé d'une manière analogue à celui de la figure 1. Etant donné que deux canaux sont prévus, la vitesse d'écoulement dans chaque canal peut être réduite par rapport au mode de réalisation de la figure 1, ce qui permet de réduire ainsi le risque de voir des impuretés pénétrer dans la zone d'immersion.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées aux bains de zingage ci-dessus décrits. Il est par exemple possible de simplifier considérablement les bobinages du chauffage à induction si la composante de champ tournant n'est pas nécessaire. Bien qu'il faille alors renoncer à une complète maîtrise de l'écoulement du zinc dans le ou les canaux, la stabilité de l'écoulement, en ce qui concerne à la fois la vitesse d'écoulement et l'effet de striction, peut être obtenue par des moyens mécaniques décrits ci-après.

La figure 5 montre une modification du mode de réalisation de la figure 1, où on utilise un bobinage qui ne produit pas de composante de champ tournant. Les éléments identiques sont désignés par les mêmes références numériques que sur les figures 1 et 2. Il est prévu un canal ayant sur toute sa longueur une section transversale de surface constante mais dont la largeur, mesurée parallèlement à l'axe du noyau, décroît linéairement, comme le montre la figure 5a, depuis le fond du creuset jusqu'au point le plus bas du canal, de sorte que la section transversale de ce canal est carrée, à ce point le plus bas, mais de forme allongée du côté du creuset (voir figure 5b).

Afin de réduire le débit, la section transversale de ce canal est sensiblement la moitié de celle du mode de réalisation de la figure 1 ; on a constaté que la réduction de débit et la géométrie du canal permettent de maintenir la convection à des niveaux acceptables.

En raison de la forme carrée prise par la section transversale, la force de striction est maximale au point le plus bas du canal, point où la pression hydrostatique exercée par le métal fondu est également à son maximum. Plus près du creuset, l'effet de striction est diminué en raison de la forme allongée de la section du canal, mais la pression hydrostatique y est également plus faible. Ainsi, il est possible d'appliquer au bain une puissance plus forte que si le canal avait eu partout la même section transversale. La disposition représentée à la figure 5 peut en outre comporter une pluralité de canaux, comme à la figure 2 et peut être associée au dispositif de chauffage à induction de la figure 1, de façon à produire une composante de champ tournant, ce qui permet d'appliquer davantage de puissance, tout en gardant la maîtrise du débit et en évitant l'effet de striction.

Dans un mode de réalisation, non représenté à la figure 5, la section transversale du canal augmente linéairement d'une extrémité du canal à l'autre. Ceci assure une circulation unidirectionnelle dans le canal.

Comme représenté sur la figure 5, un bouchon 25 est de préférence disposé au point le plus bas du canal pour permettre d'évacuer du métal fondu et/ou des impuretés. Si l'on interrompt, à intervalles réguliers, le courant alimentant le chauffage à induction, les impuretés peuvent se déposer et être extraites. Il va de soi qu'en l'absence d'un tel bouchon, les impuretés auraient tendance à se rassembler dans le canal et à obstruer l'écoulement.

Fig.1

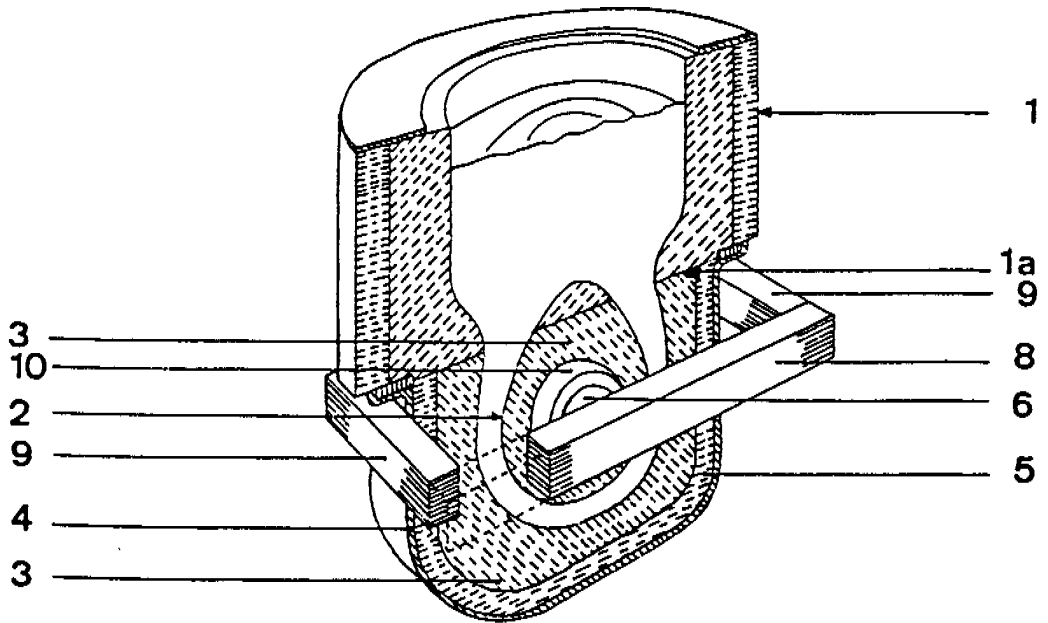


Fig.2

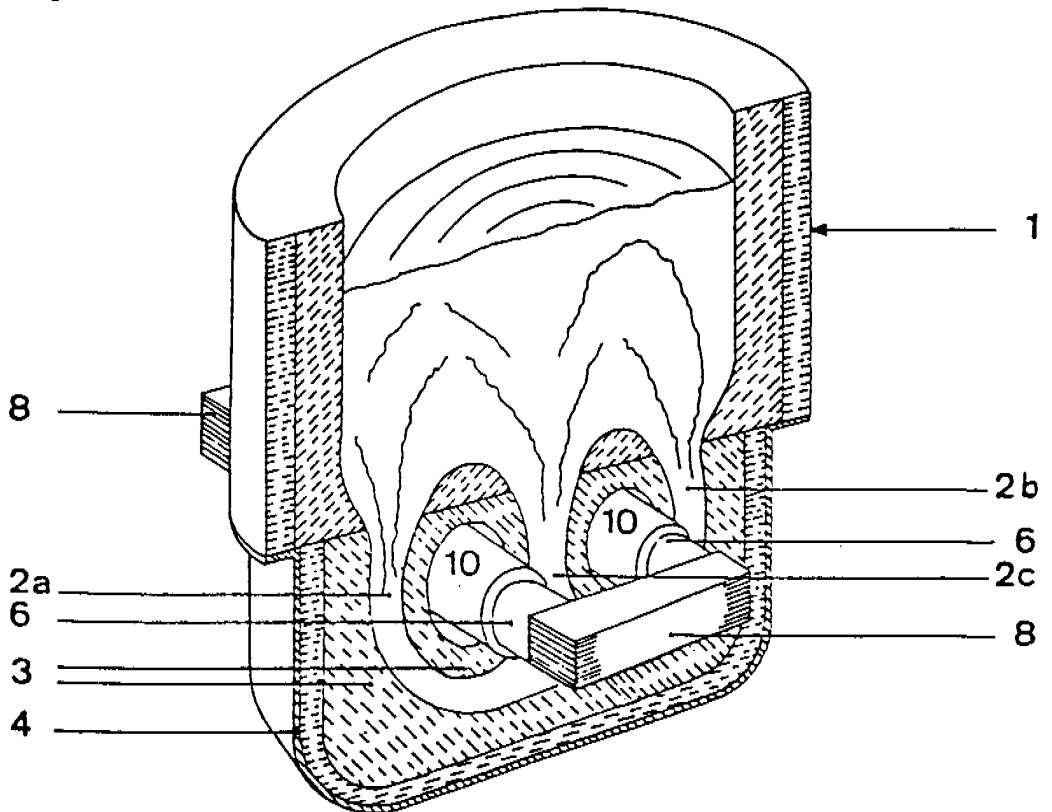


Fig.3

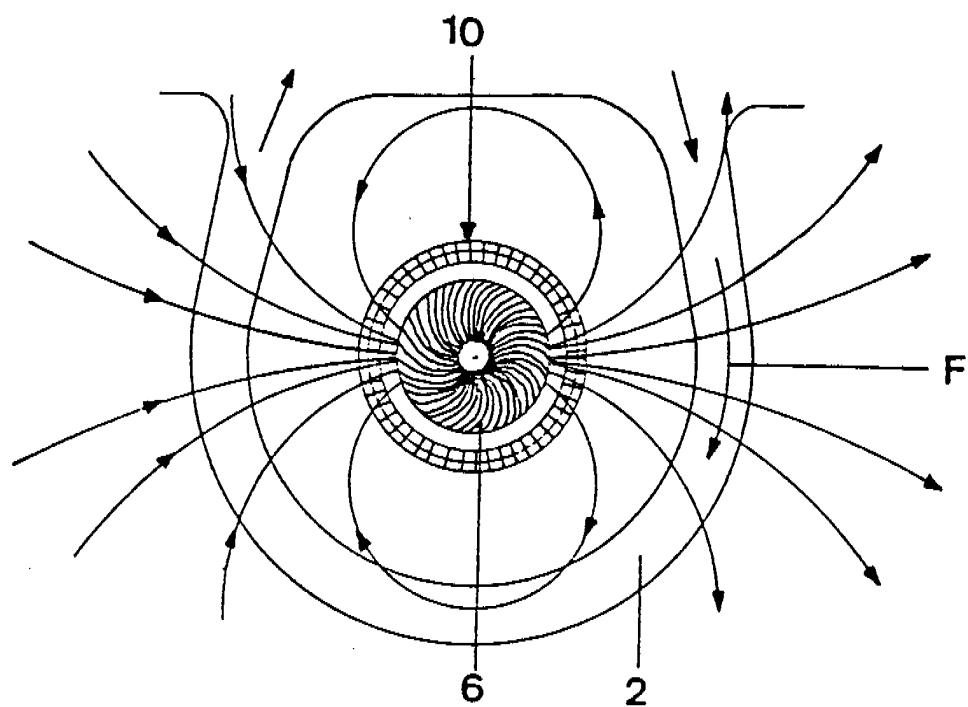


Fig.4

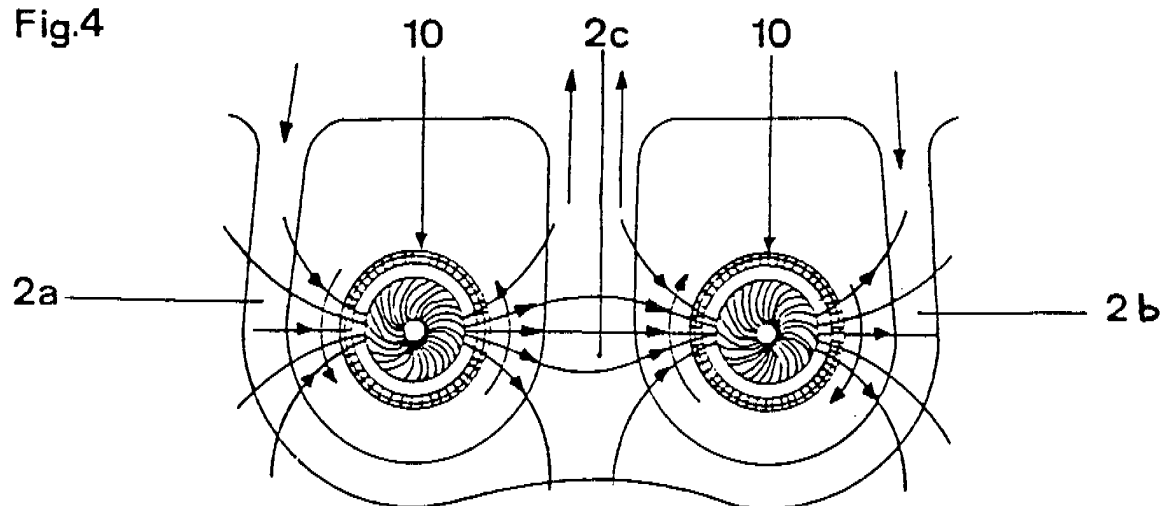


Fig. 5

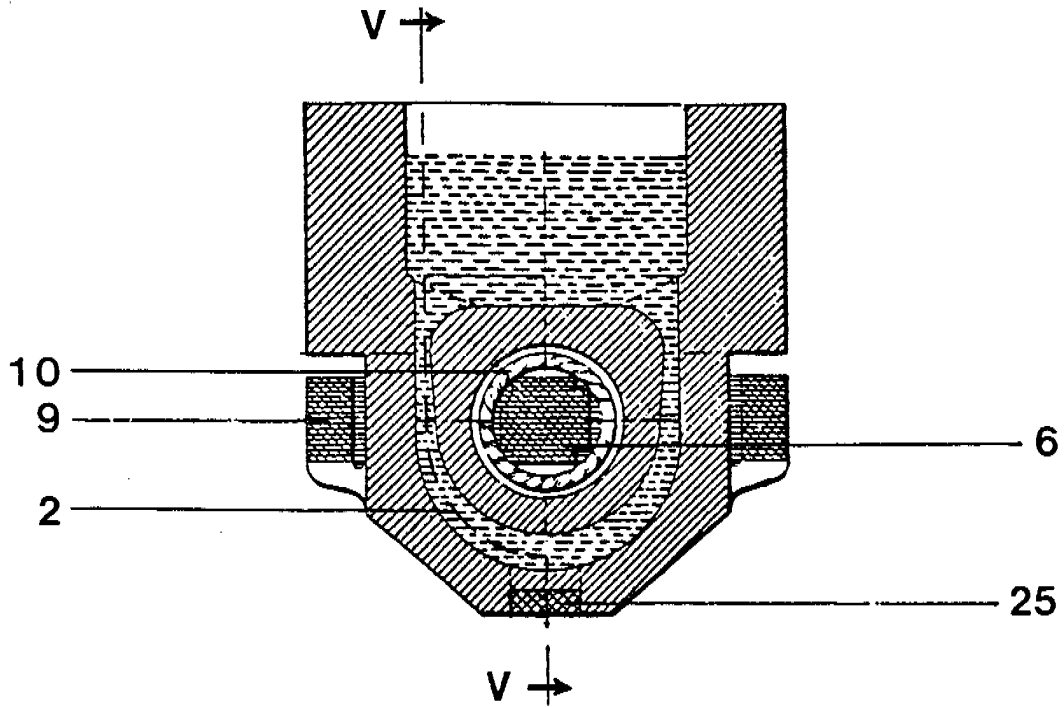
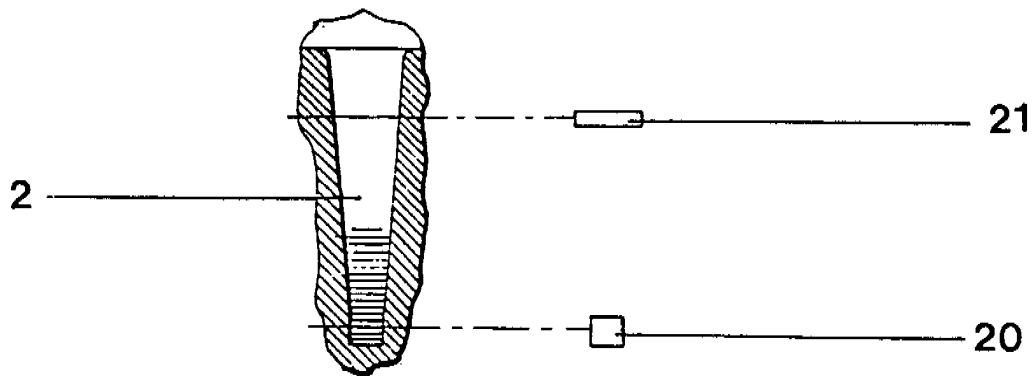


Fig. 5 a

Fig. 5 b



DOCUMENT I (Etat de la technique)

Sur le dessin :

- la figure 1 est une vue en coupe d'un bain utilisé pour recouvrir des objets d'une couche métallique, et
- la figure 2 est une vue en coupe selon II-II de la figure 1.

Le bain 1 comporte une carcasse métallique 2 pourvue d'un revêtement réfractaire 3 entourant le creuset 12 ; une ouverture formant passage incliné 5 est ménagée dans la paroi latérale 7, ce passage 5 s'évasant vers la partie supérieure du bain.

Un ensemble inducteur 11 à double bobine est relié à la paroi 7 de telle manière que l'inclinaison des canaux de fusion 8,9,10 soit dans l'alignement du passage 5 et que l'écoulement de métal n'atteigne que la partie supérieure du bain. Le revêtement réfractaire 3 du bain comporte un prolongement 6 pour fixer l'ensemble inducteur.

Cet ensemble inducteur interchangeable consiste en un bloc réfractaire 13 entouré par une carcasse métallique 14 et comporte deux bobines en cuivre 15 disposées sur les côtés opposés d'un noyau de fer 16 qui forme un circuit magnétique fermé. Le flux magnétique produit par les bobines coupe la boucle de fusion qui est formée d'un canal inférieur 21 et de trois canaux de fusion 8,9,10 reliés à leur extrémité inférieure au canal inférieur 21 et à leur extrémité supérieure avec l'ouverture 5. Le canal 21 est fermé par des bouchons réfractaires 17 (voir figure 2).

Les canaux de fusion 8,9,10 de l'ensemble inducteur s'étendent, comme ci-dessus indiqué, dans la même direction inclinée que

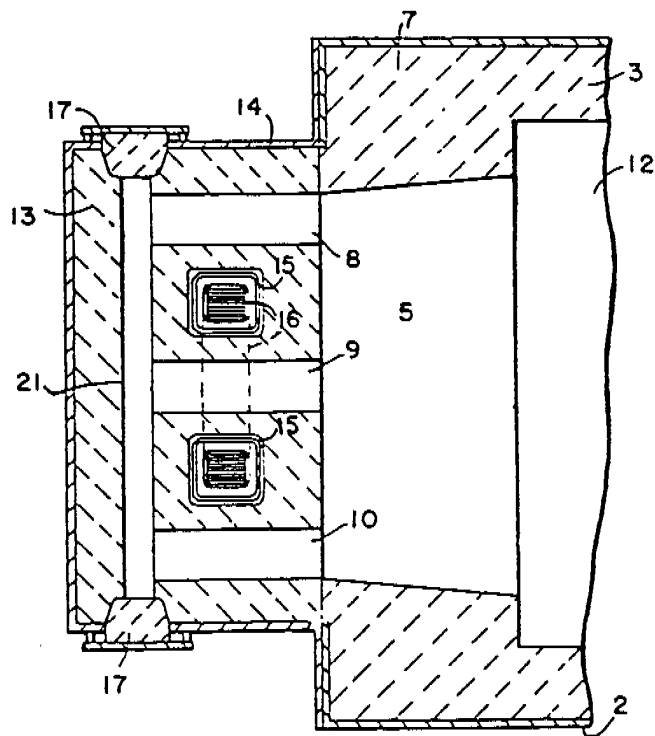
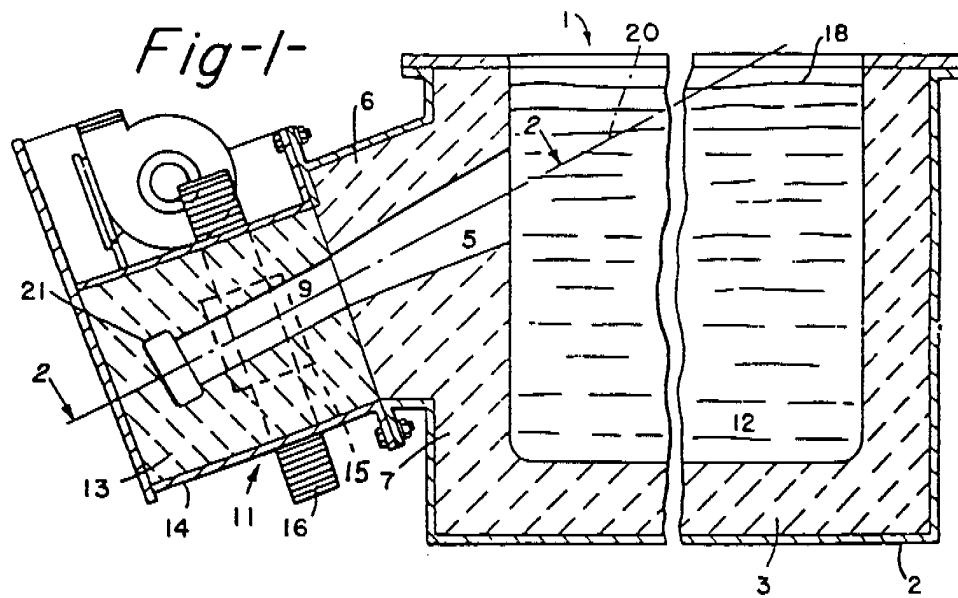
le passage 5 ; l'inclinaison des canaux permet au métal fondu de s'écouler par convection de l'ensemble inducteur vers le foyer et au métal refroidi de revenir dans la direction opposée.

5 Le métal, par exemple du zinc ou tout autre métal pour lequel les impuretés se déposent, est constamment chauffé dans l'ensemble inducteur et pénètre dans la partie supérieure du bain ; par conséquent, la partie inférieure demeure non perturbée. Toute contamination du métal à la partie supérieure du bain est  
10 éliminée ; le dépôt de crasses, d'oxyde métalliques et autres impuretés au fond du bain n'est pas perturbé. Etant donné que les axes 20 des canaux inclinés s'étendent vers la partie supérieure ouverte du four et que les bouchons réfractaires 17 sont prévus sur le canal inférieur 21, les canaux de fusion de l'ensemble  
15 inducteur peuvent être débarrassés du métal qui s'y trouve et facilement accessibles, peuvent être aisément nettoyés à l'aide d'outils de nettoyage.

Pour utiliser le bain, on préchauffe le revêtement 3 de manière  
20 appropriée. On charge du métal fondu dans le creuset 12 jusqu'à ce que le métal déborde dans la boucle de l'ensemble inducteur et la remplisse ; le courant est progressivement augmenté jusqu'à ce que la pleine puissance soit atteinte ; et le creuset est rempli jusqu'au niveau 18. Le métal est continuellement chauffé dans la  
25 boucle de fusion à partir de laquelle il se dirige vers la zone de travail supérieure du bain. On peut, si nécessaire, charger du métal frais dans le creuset 12. Les objets à recouvrir d'une couche sont introduits par le haut de la manière habituelle.

30 L'ensemble inducteur 11 est démontable et peut, le cas échéant, être facilement remplacé. Etant donné que l'on peut faire fonctionner le four dans une gamme étroite de températures exactement contrôlée, l'usure est considérablement réduite.

DESSINS RELATIFS AU DOCUMENT I (Etat de la technique)



*Fig-2-*