

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: **89810103.5**

⑤① Int. Cl.⁴: **C 23 C 2/38**
C 23 C 2/04, C 21 D 1/48,
C 21 D 9/64

㉔ Date de dépôt: **08.02.89**

③① Priorité: **09.02.88 CH 453/88**

④③ Date de publication de la demande:
23.08.89 Bulletin 89/34

⑧④ Etats contractants désignés:
BE CH DE FR GB IT LI LU

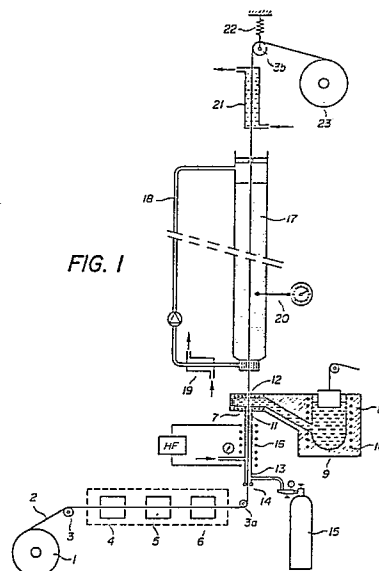
⑦① Demandeur: **BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE**
7 route de Drize
CH-1227 Carouge/Genève (CH)

⑦② Inventeur: **Kornmann, Michel**
31, Chemin des Palettes
CH-1212 Grand-Lancy (CH)

⑦④ Mandataire: **Dousse, Blasco et al**
7, route de Drize
CH-1227 Carouge/Genève (CH)

⑤④ **Procédé de revêtement en continu d'un substrat filiforme d'acier par immersion de ce substrat dans un bain de métal de revêtement en fusion.**

⑤⑦ Le fil d'acier (2) à revêtir est amené à travers le bec en graphite (7) d'un creuset (8) rempli d'un bain (9) de métal en fusion, après avoir été préalablement chauffé dans un conduit tubulaire (13) rempli de gaz protecteur par une bobine électrique (16) alimentée par une source de haute fréquence (HF), à une température inférieure à celle du métal en fusion contenu dans le bec (7). La température de fusion de ce métal est supérieure à la température d'austénisation de l'acier. En sortant du bec (7) le fil d'acier revêtu est alors refroidi de manière contrôlée pour éviter qu'il ne se trempe, par exemple, s'il s'agit d'un acier à 0,7% de carbone, en le faisant passer quelques secondes dans un lit fluidisé (17) dont la température est maintenue à une température de l'ordre de 550°C.



Description

PROCEDE DE REVETEMENT EN CONTINU D'UN SUBSTRAT FILIFORME D'ACIER PAR IMMERSION DE CE SUBSTRAT DANS UN BAIN DE METAL DE REVETEMENT EN FUSION

La présente invention se rapporte à un procédé de revêtement en continu d'un substrat filiforme d'acier par immersion de ce substrat dans un bain de métal de revêtement en fusion.

Le revêtement en continu d'un substrat filiforme par immersion implique le passage rapide de ce substrat, dont la température est inférieure à celle du métal de revêtement en fusion, à travers un bec d'un creuset rempli de ce métal en fusion qui se solidifie rapidement au contact de ce substrat relativement plus froid.

On a déjà proposé de nombreuses solutions basées sur ce principe par exemple dans le GB-982.051 ou dans le FR 1.584.626. Ces procédés ont généralement en commun de traverser le bec du creuset contenant le métal en fusion en se déplaçant de bas en haut, la vitesse, la section du passage et la mouillabilité du bec empêchant l'écoulement du métal en fusion.

On a déjà utilisé cette technique pour former un revêtement sur un fil dont la section est supérieure à celle désirée, ce fil étant alors retréfilé une fois revêtu pour l'amener à la section finale. Dans le cas de fils d'acier, il est nécessaire que la structure cristalline de l'acier soit suffisamment adoucie ce qui implique que ce fil ait subi préalablement un chauffage à sa température d'austénisation suivi d'un refroidissement contrôlé en fonction de la composition de l'acier en vue de lui conférer la structure cristalline recherchée. Jusqu'ici, cette technique a été appliquée avec des métaux de revêtement dont le point de fusion était inférieur à la température d'austénisation de l'acier, de sorte que l'on soumettait le fil d'acier au traitement thermique destiné à former la structure nécessaire pour le rendre tréfilable, préalablement au revêtement, étant donné que ce revêtement était réalisé à une température inférieure à celle d'austénisation. Dans ces conditions, le refroidissement du fil après revêtement peut être réalisé très rapidement par passage dans un liquide, sans modifier la structure cristalline de l'acier obtenu préalablement au revêtement. Etant donné que le processus de revêtement se produit par le passage du fil verticalement de bas en haut, un refroidissement rapide du fil permet de réduire la hauteur de l'installation surtout avec des vitesses élevées d'avance du fil.

Il existe cependant des applications importantes du point de vue économique, où il serait nécessaire de produire des fils d'acier de faible section revêtus de métaux dont le point de fusion est sensiblement supérieur à la température d'austénisation de l'acier. D'une part, la section est trop faible pour que le fil d'acier puisse résister mécaniquement à chaud aux efforts de tractions nécessaires pour le faire défiler à travers le bain de métal en fusion, d'autre part, avec une section suffisante pour résister aux conditions opératoires, le refroidissement non contrôlé du fil revêtu engendrerait dans le fil d'acier une structure cristalline qui le rendrait inapte à subir

un tréfilage ultérieur, de sorte que ce fil ne pourrait plus être amené à la section désirée.

Le but de la présente invention est précisément de remédier au moins en partie aux inconvénients susmentionnés.

A cet effet, cette invention a pour objet un procédé de revêtement en continu d'un substrat filiforme d'acier, par immersion de ce substrat dans un bain de métal de revêtement en fusion selon la revendication 1.

Le dessin annexé illustre, schématiquement et à titre d'exemple, une forme d'exécution d'une installation pour la mise en oeuvre du procédé.

La figure 1 est une vue en élévation d'une installation pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Les figures 2 et 3 sont des diagrammes T.T.T. (transformation-température-temps) de deux types d'aciers.

L'installation illustrée par la figure 1 comprend une bobine d'alimentation 1 en fil d'acier 2. Ce fil d'acier 2 passe sur un premier galet de guidage 3 pour se diriger à travers différents postes de traitement 4, 5 et 6 destinés respectivement au nettoyage, au rinçage et au séchage du fil 2. Un cabestan de tirage 3a, ramène le fil d'acier 2 au-dessous d'un bec en graphite 7 d'un creuset 8 contenant un bain 9 de métal en fusion chauffé par un corps de chauffe 10 logé dans la paroi du creuset 8.

Avant de traverser le bec 7 du creuset muni de deux ouvertures 11 et 12 alignées verticalement à cet effet, le fil d'acier 2 passe dans un conduit tubulaire 13 dont l'entrée est contrôlée par un joint 14. Ce conduit tubulaire est relié à une source de gaz protecteur 15 par exemple du $H_2 + N_2$ et est entouré par un bobinage électrique 16 de préchauffage alimenté par une source de haute fréquence HF. La température maximale du fil est fonction de la température de préchauffage et de l'épaisseur de la couche déposée.

Suivant le type d'acier utilisé pour constituer le substrat filiforme 2, le refroidissement est réalisé relativement rapidement pour des aciers doux à moins de 0,1% de carbone. Pour des aciers à plus forte teneur en carbone, le refroidissement trop rapide n'est pas acceptable étant donné que ces aciers doivent être maintenus à une température de l'ordre de 550°C, correspondant à la température maximum de la courbe TTT, pendant une dizaine de secondes pour obtenir la structure cristalline ferrite-parlite à grain fin désirée. Généralement, cette température est obtenue en faisant passer le fil d'acier revêtu de cuivre ou de laiton dans un bain de plomb fondu. Toutefois, compte tenu du fait que le processus de revêtement selon l'invention se déroule le long d'une trajectoire verticale, cette solution est difficile à mettre en oeuvre, c'est la raison pour laquelle il est proposé d'utiliser un lit fluidisé 17, qui peut être alimenté par un circuit d'air 18 associé à un dispositif de chauffage 19. Une

partie de la chaleur nécessaire provient directement du fil 2 lui-même. Une sonde thermique 20 permet de réguler la température de l'air en fonction de la quantité de chaleur nécessaire pour maintenir la température du lit fluidisé à 540°C.

Un second système de refroidissement 21 à circulation d'eau est disposé au-dessus du lit fluidisé 17 pour terminer le refroidissement du fil 2 avant que celui-ci ne passe sur un galet de guidage 3b qui est suspendu par l'intermédiaire d'un système élastique de régulation de tension 22 du fil 2 qui sert à réguler le cabestan de tirage 3a, de façon à obtenir une faible tension durant le revêtement. De ce galet, le fil 2 est conduit à un tambour de stockage 23. Etant donné qu'un fil en acier doux chauffé à 700°C-800°C devient très fragile au contact du cuivre fondu en particulier, la tension exercée par le régulateur de tension 22 ne doit pas excéder 15 MPa.

Différents métaux et alliages ont été déposés sur des fils d'acier de différents types, le point commun entre les exemples qui vont suivre est de donner à l'acier une structure cristalline ferrite-perlite fine, grâce à un refroidissement contrôlé. Comme on le verra dans ces exemples, dans le cas d'aciers doux à moins de 0,1% de carbone, un simple refroidissement à l'air peut être suffisamment lent pour obtenir la structure cristalline désirée, de sorte que dans ce cas le lit fluidisé 17 peut être supprimé, une distance suffisante étant ménagée entre la sortie du bec 7 et le système de refroidissement 21 pour permettre d'obtenir la structure cristalline désirée. Par contre avec des aciers à plus forte teneur en carbone, présentant une plus grande trempabilité, il est nécessaire de maintenir le fil à une température de 540°C durant quelques secondes pour éviter la trempe à l'air ambiant et pour obtenir une structure cristalline ferrite-perlite fine. Les diagrammes des figures 2 et 3 montrent respectivement et schématiquement les courbes T.T.T. (transformation-temps-température) d'un acier doux et d'un acier à plus haute teneur en carbone. On a tracé sur chacun de ces diagrammes la courbe de refroidissement contrôlé du fil d'acier revêtu d'un métal dont le point de fusion est supérieur à la température d'austénisation de l'acier.

Dans les exemples qui vont suivre, on utilise trois métaux et alliage à savoir, le cuivre, le laiton et l'argent. Le fil d'acier doux revêtu de cuivre trouve des applications dans le domaine électrique, en tant que fil téléphonique, ressort électriquement conducteur, fil de terre d'un conduit de transmission électrique par exemple. Le fil d'acier à 0,7% de carbone recouvert de laiton trouve notamment une application en tant que fil de renforcement des pneus à carcasse radiale. Enfin le fil d'acier doux revêtu d'argent trouve des applications électroniques. Dans chacun de ces cas, le fil revêtu a une section sensiblement supérieure à celle du fil terminé de sorte que l'épaisseur du métal de revêtement diminue en même temps que le diamètre du fil lors du retréfilage de ce fil. Cette opération n'entraîne pas de détérioration de la couche de métal déposée si celle-ci adhère bien à ce fil.

EXEMPLE 1

Cet exemple se rapporte au dépôt d'une couche de cuivre sur un fil d'acier doux.

On utilise à cet effet un fil d'acier à moins de 0,1% de carbone, de 1 mm de diamètre. La première opération consiste en un dégraissage électrochimique alcalin à 60°C suivi d'une attaque dans un bain de HCl et d'un séchage. Suite à cette phase de préparation du substrat, commence la phase de revêtement proprement dit qui consiste à préchauffer le fil 2 à l'aide de la bobine 16 alimentée en courant de haute fréquence, le fil 2 traversant à ce moment le conduit tubulaire 13 dans lequel règne une atmosphère de 20% H₂ + N₂ à une pression de 5 mm de colonne d'eau. La température du fil d'acier 2 est ainsi portée à 740°C au moment où il pénètre dans le bec 7 du creuset 8 par l'ouverture 11. Le bec du creuset contient 70 g de Cu liquide à la température de 1120°C correspondant à un bain de liquide de 5 mm d'épaisseur.

Ensuite le fil est refroidi à l'air pendant 10 secondes avant de pénétrer dans l'enceinte de refroidissement à eau 21. La vitesse de défilement du fil 2 est de 30m/mn. La couche de cuivre obtenue est une couche de 200 µm concentrique et adhérente autour du fil d'acier 2. Le fil peut ensuite être tréfilé avec une réduction de 80 % de sa section.

EXEMPLE 2

Le fil d'acier utilisé dans cet exemple est un fil d'acier à 0,7% de carbone de 1 mm de diamètre. La préparation de ce fil est identique à celle du fil de l'exemple 1 de même que son préchauffage.

Le bec 7 du creuset 8 contient une couche de 40 mm de laiton comprenant 60% Cu et 40% Zn à une température de 1000°C.

A la sortie du bec 7, le fil recouvert de laiton pénètre dans le lit fluidisé 17 dont la température est maintenue à 540°C. La vitesse d'avance du fil est de 30 m/mn et le lit fluidisé offre une longueur de cheminement de 5 m de sorte que le fil est maintenu à cette température de l'ordre de 550°C pendant 10s, le temps pour amener cet acier dans la zone ferrite-cementite à grain fin. La couche obtenue à une épaisseur de 15 µm formée concentriquement autour du fil d'acier est adhérent à sa surface.

EXEMPLE 3

On revêt un fil d'acier doux à moins de 0,1% de carbone de 1 mm de diamètre d'une couche d'Ag.

On procède au nettoyage et au préchauffage de ce fil dans les mêmes conditions opératoires que celles des exemples précédents.

Le bec 7 du creuset contient 70 g d'Ag liquide à 990°C dans une atmosphère de 10% H₂ + N₂.

Le refroidissement s'effectue à l'air comme dans l'exemple 1 et on obtient une couche adhérente et concentrique d'Ag de 50 µm d'épaisseur.

Chacun des fils obtenus selon l'un des exemples précédents a un diamètre plusieurs fois supérieur au diamètre désiré. C'est ainsi par exemple que le fil de l'exemple 2 est ensuite retréfilé pour être amené à un diamètre final de 0,25 mm.

Il faut encore noter que sur le plan économique le fait de réaliser le recuit de l'acier en même temps

que son revêtement permet de supprimer une opération et donc de réduire les coûts de production dans une proportion non négligeable.

Revendications

1. Procédé de revêtement en continu d'un substrat filiforme d'acier par immersion de ce substrat dans un bain de métal de revêtement en fusion, caractérisé par le fait que l'on choisit un métal de revêtement dont le point de fusion est supérieur à la température d'austénisation de l'acier, on préchauffe le substrat d'acier à une température inférieure à celle dudit bain, on le fait passer dans ce bain pour le revêtir et amener en même temps sa température à la température d'austénisation, on refroidit ensuite le substrat ainsi revêtu à une vitesse contrôlée apte à conférer à l'acier dudit subs-

trat une structure cristalline adoucie et on tréfile le substrat ainsi revêtu pour l'amener à la section désirée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on revêt un substrat filiforme en acier doux de moins de 0,1% de carbone et que l'on refroidit ensuite ce substrat à une vitesse choisie pour obtenir une structure ferrite-perlite.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on revêt un substrat filiforme en acier contenant plus de 0,2% de carbone et que l'on abaisse rapidement la température de ce substrat revêtu jusqu'à une température de l'ordre de 550°C puis que l'on maintient le substrat à cette température jusqu'à la transformation en une structure ferrite-perlite à grain fin et on termine alors le refroidissement du substrat.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

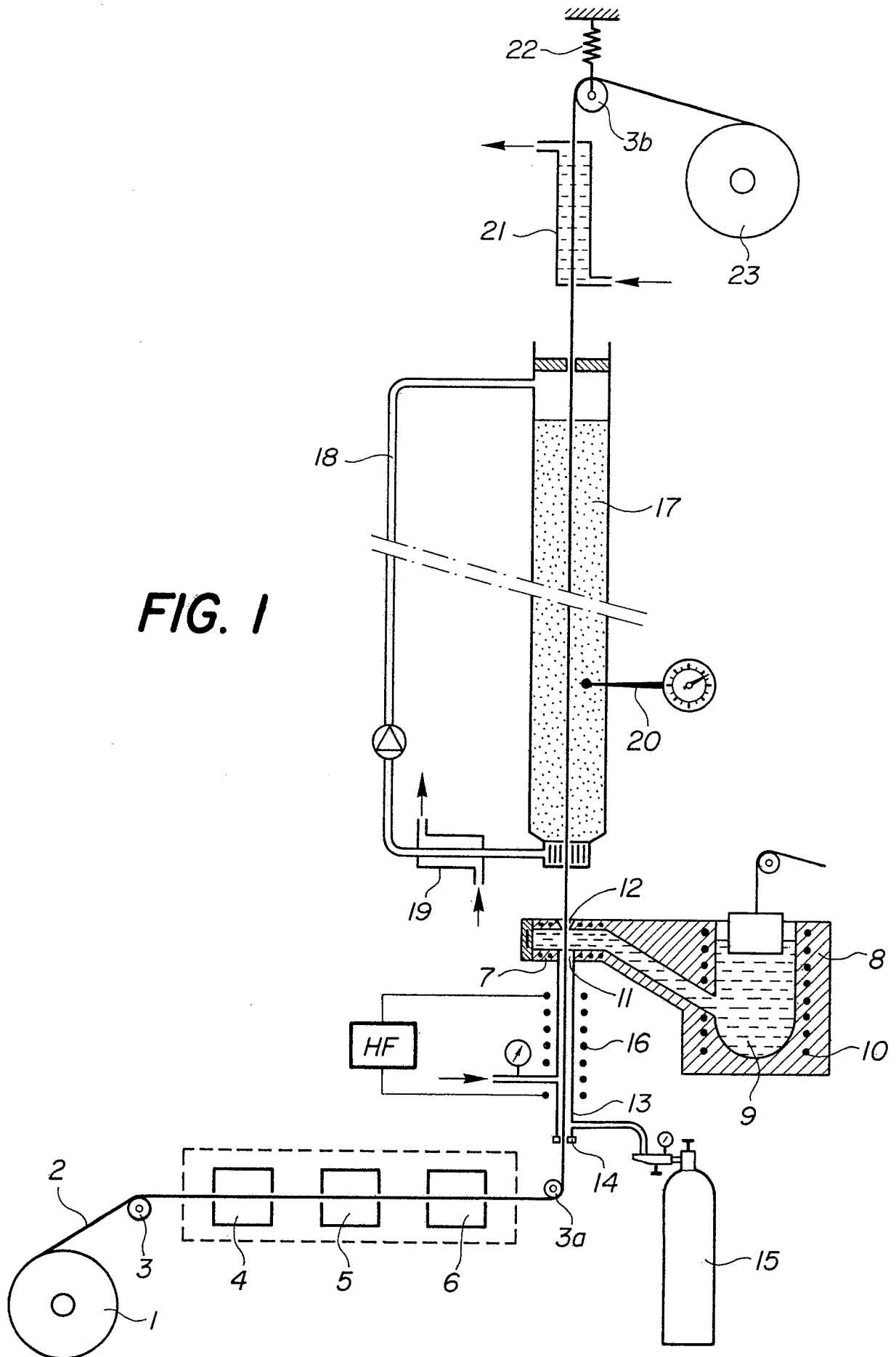
50

55

60

65

FIG. 1



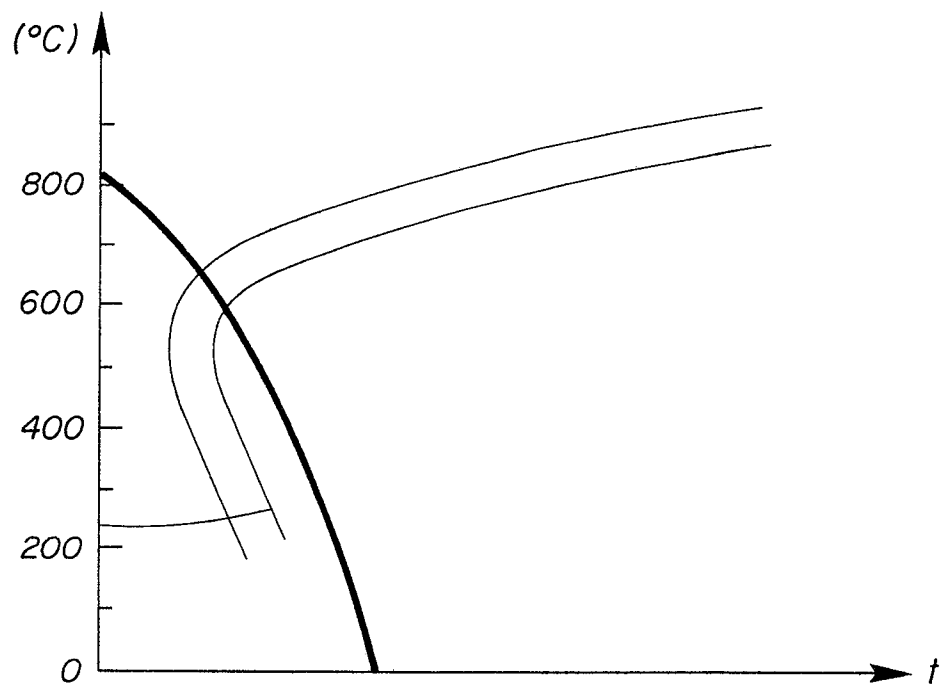


FIG. 2

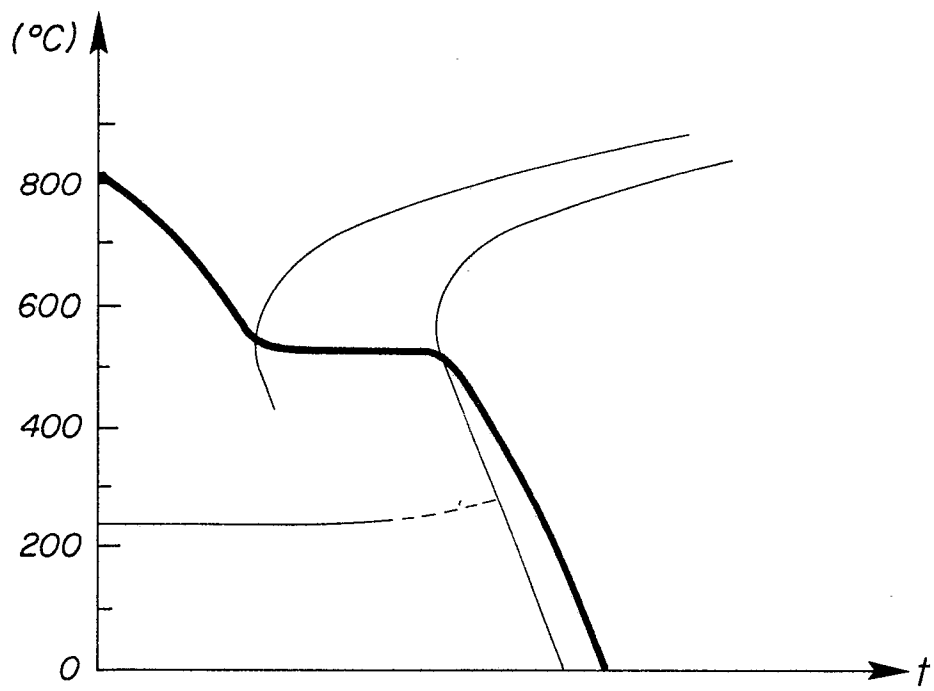


FIG. 3



EP 89 81 0103

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 6, no. 165 (C-121)[1043], 28 août 1982; & JP-A-57 82 467 (NITSUSHIN SEIKOU) 22-05-1982 * Résumé *	1	C 23 C 2/38 C 23 C 2/04 C 21 D 1/48 C 21 D 9/64
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 9, no. 271 (C-311)[1994], 29 octobre 1985; & JP-A-60 121 263 (DAIICHI DENKOU) 28-06-1985 * Résumé *	1	
A	EP-A-0 060 225 (BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE) * Figure 1; page 12, lignes 24-37 *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 9, no. 175 (C-292)[1898], 13 mars 1985; & JPA-60 46 359 (KAWASAKI SEITETSU) 13-03-1985 * Résumé *	1	
A	US-A-4 144 379 (R.S. PATIL) * Résumé; revendication 1 *	2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4) C 23 C C 21 D
A	EP-A-0 195 473 (BEKAERT)		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 17-05-1989	Examineur ELSEN D.B.A.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			