

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 954 619 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

13.02.2002 Bulletin 2002/07

(21) Numéro de dépôt: **97947127.3**

(22) Date de dépôt: **24.11.1997**

(51) Int Cl.7: **C23C 4/12**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR97/02117

(87) Numéro de publication internationale:
WO 98/26104 (18.06.1998 Gazette 1998/24)

(54) **PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA REALISATION D'UN REVETEMENT SUR UN SUBSTRAT**

VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINER BESCHICHTUNG AUF EINEM
SUBSTRAT

METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING A COATING ON A SUBSTRATE

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI NL PT
SE**

(30) Priorité: **09.12.1996 FR 9615092**

(43) Date de publication de la demande:
10.11.1999 Bulletin 1999/45

(73) Titulaire: **INSTITUT POLYTECHNIQUE DE
SEVENANS
90010 Belfort Cedex (FR)**

(72) Inventeurs:

- **CODDET, Christian
F-90200 Giromagny (FR)**
- **LIAO, Han, Lin
F-90300 Cravanche (FR)**
- **HANSZ, Bernard
F-25600 Nommay (FR)**

(74) Mandataire: **Levy, David et al**

**c/o S.A. FEDIT-LORIOT & AUTRES CONSEILS EN
PROPRIETE INDUSTRIELLE 38, Avenue Hoche
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:

**EP-A- 0 580 534 WO-A-85/04121
WO-A-90/12122 BE-A- 510 038
DE-A- 2 028 050 DE-B- 2 615 022
DE-C- 821 903 FR-A- 1 347 716
GB-A- 191 415 960**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no.
011 (C-558), 11 janvier 1989 & JP 63 218272 A
(HIDEO NAGASAKA), 12 septembre 1988,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no.
242 (C-438), 7 août 1987 & JP 62 047470 A
(TOSHIBA CORP), 2 mars 1987,**

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).

EP 0 954 619 B1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour la réalisation d'un revêtement sur un substrat et, plus particulièrement, la réalisation de dépôts thermiques sur un substrat au moyen de particules en fusion qui sont animées d'une énergie cinétique.

[0002] Les revêtements sont généralement obtenus par projection d'une poudre ou d'un mélange de poudres sur le substrat à revêtir, de manière à conférer au dit substrat des propriétés de dureté, de résistance à l'usure et/ou à la corrosion, de bonne lubrification, ou de les rendre meilleurs conducteurs d'électricité.

[0003] La poudre ou le mélange de poudres sont projetés sur le substrat par une technique connue sous la dénomination générique de projection thermique qui est effectuée généralement sous air ou sous basse pression au moyen de dispositifs spéciaux connus par exemple sous les sigles VPS (Vaccum Plasma Spray), LPPS (Low Pressure Plasma Spray), CAPS (Controlled Atmosphere Plasma Spraying), APS (Atmospheric plasma spraying), IPS (inert gas plasma spraying) ou HVOF (High Velocity oxyfuel spraying).

[0004] Après préparation du substrat par toute technique appropriée telle que le sablage et avant la projection proprement dite, il est usuel de préchauffer la pièce ou substrat à traiter et ce, afin d'améliorer les caractéristiques de la couche déposée sur ledit substrat comme par exemple l'adhérence, l'état de contrainte.

[0005] Une telle technique est décrite dans les documents (DE 42 20 063 - FR 2 681 538 - J-03050169A, J-01139749A).

[0006] Toutefois, le chauffage préalable du substrat à traiter à l'atmosphère ambiante induit un risque d'oxydation du dépôt et/ou du substrat du fait de la réactivité du substrat et/ou des particules de poudre projetées vis-à-vis de l'air. Il est donc nécessaire de définir de manière très précise les conditions du dépôt en maintenant constamment un équilibre thermique en modifiant les déplacements relatifs des organes en mouvement les uns par rapport aux autres et en utilisant des moyens de refroidissement.

[0007] Cependant, de tels procédés de réalisation d'un dépôt métallique, céramique, céramométallique ou organométallique, présentent de nombreux inconvénients. Parmi ces derniers, on peut citer une forte amplitude de variation de la température du substrat au point ou zone d'impact des particules au cours du dépôt, une température non homogène de la couche de particules déposées, ce qui peut induire des tensions internes dans ladite couche, la variation de température étant due à une maîtrise imparfaite des conditions de chauffage ; de même, les énergies superficielles substrat/particules en fusion peuvent être totalement inadaptées notamment lorsque l'énergie à la surface du substrat est faible, ce qui conduit à une mauvaise adhérence des particules en fusion sur le substrat et/ou une mauvaise cohésion du dépôt.

[0008] Un inconvénient majeur est que les techniques actuelles de préchauffage du substrat sont totalement inadaptées pour des substrats constitués par des pièces de grandes dimensions. En effet, il est difficile de préchauffer une pièce de grandes dimensions dans sa totalité avant la projection thermique, car on dispose rarement de moyens adaptés pour réaliser un tel préchauffage.

[0009] Un autre inconvénient réside dans le fait que lorsque la température de refroidissement n'est pas contrôlée de façon satisfaisante, on aboutit à une couche de revêtement ou de dépôt non homogène.

[0010] Une solution pour remédier à cet inconvénient et applicable sur des pièces notamment de grandes dimensions est de les traiter mécaniquement avant la projection thermique puis de construire la couche de revêtement par de nombreux passages successifs, chaque passage produisant une mince partie de la couche de revêtement, une telle solution permettant de réduire les tensions internes se développant lors de la projection des particules et de les stabiliser à des valeurs acceptables.

[0011] On connaît aussi des techniques de refroidissement soit par jet d'air, soit par pulvérisation de fluide cryogénique, soit par pulvérisation d'eau, comme cela est décrit par exemple dans EP-A-0 546 359 ou DE-A-2 615 022.

[0012] Toutes ces techniques consistent à maintenir l'ensemble de la pièce à traiter à basse température, de manière à éviter la déformation ou la décomposition du substrat, mais ne permettent pas d'augmenter l'adhérence de la couche de revêtement ni sa densité.

[0013] On connaît par JP-A-63218272 un procédé de dépôt sur un substrat et un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé comprenant des moyens de préchauffage, des moyens de projection thermique de particules et des moyens de refroidissement. Ce document ne précise pas les températures utilisées selon le procédé censé améliorer l'adhérence du substrat et sa résistance et diminuer la porosité. Cependant le dépôt obtenu n'est pas homogène.

[0014] La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités et de proposer un procédé et un dispositif pour revêtir, par projection thermique, des pièces de structure et de dimensions différentes sans qu'il soit nécessaire de les adapter au type de substrat ou pièce à traiter.

[0015] La présente invention a pour objet un procédé de réalisation d'un revêtement sur un substrat, tel que défini dans la revendication 1.

[0016] Le chauffage local du substrat est effectué avec un moyen à haute énergie (flamme, induction, laser, faisceau d'électrons, plasma), immédiatement avant l'arrivée des particules de manière à bénéficier d'une température élevée

en surface au moment de l'impact des particules tout en minimisant le transfert thermique dans le substrat. De même, le refroidissement de la surface est réalisé par des moyens énergiques, tels que des gaz liquéfiés pulvérisés, immédiatement après le dépôt des particules afin de minimiser toujours le transfert thermique dans le substrat.

[0017] Le procédé selon l'invention permet ainsi d'obtenir un dépôt adhérent, cohésif et dont le niveau de contraintes résiduelles est fortement réduit par rapport à ce qui est réalisé avec les procédés de l'art antérieur.

[0018] Un autre objet de la présente invention est un dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé, le dispositif étant tel que défini dans la revendication 5.

[0019] Un avantage de la présente invention réside dans le fait qu'en limitant la zone chauffée du substrat et en maintenant le reste du substrat à la température ambiante, on évite ou on diminue très fortement l'oxydation ou la nitruration du substrat pendant la projection des particules.

[0020] Un autre avantage est une meilleure adhérence du dépôt du fait du choix de la température de la zone d'impact sur le substrat en relation avec son énergie superficielle. En effet, en fonction de la nature et de la structure du substrat, il est possible de sélectionner une température de chauffage appropriée, de sorte que la différence entre les températures des particules projetées et du substrat peut être ajustée à une valeur qui améliore l'adhérence des particules sur le substrat.

[0021] De même, les contraintes internes susceptibles de se développer dans le substrat, ainsi que la porosité et les microfissures, sont fortement diminuées en raison du refroidissement subséquent qui est effectué immédiatement après le dépôt des particules sur la zone revêtue.

[0022] Les actions combinées du chauffage de la zone avant dépôt et du refroidissement de la même zone immédiatement après le dépôt, permettent de mieux maîtriser le dépôt proprement dit.

[0023] Par ailleurs, le mouvement relatif entre le substrat et les moyens de chauffage, de projection de particules et de refroidissement, est déterminé par exemple en fonction des dimensions dudit substrat, bien que d'autres considérations puissent être prises en compte. Dans un premier mode de fonctionnement, on peut maintenir fixe le substrat et déplacer chacun ou tous les moyens s'ils sont montés en tandem devant le substrat fixe, zone après zone, jusqu'à ce que toute la surface du substrat soit revêtue par le dépôt souhaité. Mais selon un deuxième mode de fonctionnement, on peut déplacer le substrat, toujours zone après zone, devant les divers moyens précités.

[0024] D'autres avantages et caractéristiques ressortiront mieux à la lecture de la description d'un mode de réalisation préféré de l'invention, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif selon la présente invention pour un substrat en rotation.
- la figure 2 est une vue de dessus et schématique du dispositif selon la présente invention pour un substrat fixe,

[0025] Le procédé selon l'invention consiste à chauffer une zone de surface déterminée d'un substrat à revêtir d'un dépôt, puis à projeter immédiatement après une poudre ou un mélange de poudres sur ladite zone à l'aide de moyens de projection thermique, puis à refroidir aussi immédiatement après ladite zone revêtue à l'aide de moyens de refroidissement connus en soi. Cette séquence d'opérations peut être effectuée soit en maintenant fixe le substrat et en déplaçant d'un seul bloc lesdits moyens de chauffage, de projection et de refroidissement qui constituent un ensemble dit de revêtement, soit en maintenant fixe ledit ensemble de revêtement et en déplaçant le substrat, soit en déplaçant le substrat et l'ensemble de revêtement, dans des directions et avec des vitesses de déplacement (rotation ou translation) qui sont définies de telle sorte qu'une zone soit traitée, comme précisé ci-dessus, avant que la zone consécutive ne soit traitée à son tour, et ce, jusqu'au recouvrement total de la surface du substrat à revêtir avec l'épaisseur désirée du dépôt.

[0026] Bien évidemment, les déplacements peuvent être verticaux et/ou horizontaux ou encore en rotation, la combinaison des déplacements étant choisie en fonction notamment des dimensions du substrat, de sa forme ou de tout autre paramètre lié directement ou non au substrat.

[0027] Le dispositif de mise en oeuvre du procédé selon l'invention comprend un ensemble 1 constitué par au moins un support 2 qui se déplace de façon relative par rapport à un substrat 3 à revêtir d'un dépôt, et sur lequel sont montés au moins des moyens 4 de projection thermique, des moyens de chauffage 5, montés en amont des moyens de projection 4, et des moyens de refroidissement 6 disposés en aval des moyens de projection 4.

[0028] Dans le mode de réalisation de la figure 1, le substrat 3 est constitué par une pièce 7 de grandes dimensions et de forme cylindrique ; la face externe 8 doit être revêtue d'un dépôt métallique dont les composants sont disposés dans la réserve d'un chalumeau par exemple du type CDS vendu par la société PLASMA TECHNIK, le chalumeau 4 projetant les composants sous forme de poudres avec une grande énergie et sous une forte température sur ladite face 8. Les trois éléments 4 à 6 de l'ensemble sont situés dans un même plan horizontal ou à tout le moins leurs extrémités, de sorte que la zone de la face externe 8 soit traitée successivement par chacun des trois éléments.

[0029] Les dimensions de chaque zone 9 à traiter sont définies par la surface d'impact des moyens de projection 4, laquelle surface d'impact est de l'ordre de quelques centimètres carrés et plutôt de l'ordre du centimètre carré.

[0030] Dans le dispositif de la figure 1 et en raison des dimensions de la pièce 7 qui se déplace avec une vitesse

de rotation déterminée et dans le sens de la flèche 10, l'ensemble 1 se déplace verticalement de manière à balayer des zones 9 successives et situées à des niveaux différents, les diverses zones successives étant situées sur des sinusoïdes fictives au fur et à mesure des passes effectuées par le dispositif.

[0031] On pourrait, si cela s'avérait nécessaire ou préférable, déterminer un mouvement relatif différent entre le dispositif et la pièce 7 de manière à réaliser le dépôt sur une bande circonférentielle 11 et de traiter ladite pièce 7, bande après bande, mais en gardant la même séquence d'opérations chauffage-projection-refroidissement ainsi que cela fut indiqué précédemment à propos du procédé.

[0032] Dans une réalisation selon la figure 1, la zone à traiter 9 est chauffée à une température de l'ordre de 400°C.

[0033] Immédiatement après le chauffage et comme indiqué ci-dessus, la zone chauffée est amenée en regard de la torche de projection 4. Comme la zone est déjà portée à une température donnée et que la température de projection est de l'ordre de 1100°C, on diminue l'écart en température entre la poudre en fusion et la pièce, permettant ainsi un meilleur étalement du dépôt.

[0034] Dans une autre étape, et immédiatement après le dépôt, la zone 9 est amenée en regard d'au moins une buse à travers laquelle est projeté du CO₂ liquide ou un autre fluide cryogénique. Ce refroidissement rapide, immédiatement après la projection, constitue en fait une trempe qui solidifie le dépôt et le fait mieux adhérer à la pièce 3, en préservant sa structure. La température de refroidissement est inférieure à la température d'oxydation et/ou de déformation du substrat évitant ainsi une oxydation de ladite pièce et/ou des composants métalliques de la poudre.

[0035] La séquence des opérations qui vient d'être décrite est effectuée de manière continue depuis le chauffage jusqu'au refroidissement.

[0036] Diverses manières de revêtir la pièce 3 peuvent être mises en oeuvre. Dans un autre mode, on peut ne faire qu'une passe de quelques micromètres sur chaque zone et revêtir la face externe 8 d'une première couche, puis recommencer les mêmes opérations autant de fois que nécessaire jusqu'à l'obtention de l'épaisseur finale du dépôt, chaque couche constituant alors une sous-couche pour la couche suivante.

[0037] Dans le dispositif de la figure 2, le substrat est constitué par exemple par une plaque 12 fixe. Le support 2 est, dans ce cas mobile en translation suivant la flèche 13.

[0038] De la même manière que précédemment à propos de la figure 1 les moyens de chauffage 5 chauffent une zone donnée 16 pour la porter à une température prédéterminée avant qu'elle passe devant les moyens de projection 4 pour recevoir un dépôt. Pendant qu'une partie de la zone 15 est revêtue, les moyens de refroidissement 6 refroidissent la zone 14 qui a déjà été revêtue. Cela est programmé automatiquement par un programme qui prend en compte tous les paramètres du dépôt et qui organise la séquence des opérations avec les vitesses relatives appropriées entre le dispositif 2 et la pièce à traiter. A chaque extrémité du substrat 12, le système est soit inversé soit ramené du côté du départ par un chemin extérieur.

[0039] Grâce à la présente invention, on obtient des pièces revêtues qui présentent une très bonne tenue à la corrosion, comme l'attestent les chiffres du tableau 3 et une très forte dureté (tableau 4).

[0040] Le tableau 3 présente à titre d'exemple les résultats obtenus pour un revêtement du type NiCrBSi déposé sur un substrat en aluminium en utilisant d'une part une méthode conventionnelle et d'autre part le procédé selon l'invention. Il s'agit de résultats de tests de corrosion réalisés en milieu H₂SO₄2N normalement aéré avec une vitesse de balayage en potentiel de 1 mVsec⁻¹. On voit nettement, dans ce cas, que l'intensité du courant passif avec le revêtement conventionnel ne permet pas une protection contre la corrosion alors qu'avec le procédé selon l'invention le revêtement se comporte aussi bien voire mieux qu'un acier inoxydable.

[0041] Le tableau 4 présente les résultats en microdureté de ce même dépôt obtenus sous 300 g de charge. Le procédé selon l'invention permet d'obtenir des résultats supérieurs à ceux d'un alliage massif, ce que ne permettent pas les procédés conventionnels.

[0042] A titre d'exemple et pour un substrat constitué par un cylindre de diamètre 250 mm et d'un mètre de longueur, les conditions opératoires sont les suivantes :

torche de projection HVOF :

- méthane 220 l/minute
- O₂ 440 l/minute
- gaz poudre 15 l/minute
- poudre de FeNiCrBSi 75 g/minute

brûleur :

- O₂/C₂ H₂ 1000 l/minute
- largeur de flamme 50 mm
- température de chauffage 300°C

buse :

- CO₂ 50 kg/heure
- diamètre 25 mm
- température de refroidissement ambiante
- vitesse de rotation du cylindre 200 t/minute
- déplacement torche projection 1 m/minute

[0043] Avec les paramètres de dépôt ci-dessus, on a obtenu un revêtement de 0,6 mm d'épaisseur et d'une dureté supérieure à 850 Hv (dureté Vickers), la porosité du revêtement étant invisible avec un grossissement 1000 d'un microscope optique et qui est, en tout état de cause, inférieure à 1 %.

[0044] Le dispositif selon l'invention est peu encombrant et peut être transporté pour faire une réparation sur site si besoin était, notamment pour les pièces très lourdes et de grandes dimensions.

TABLEAU 3

Etat de référence	I passif ($\mu\text{A.cm}^{-2}$)
Revêtement NiCrBSi revêtement classique	3 500 à 7 500
Revêtement NiCrBSi nouveau procédé	40
Acier inox austénitique de type 316 L massif	54

TABLEAU 4

Etat de référence	Dureté Hv300
FeNiCrBSiC déposé selon procédé thermique classique	650 ± 150
FeNiCrBSiC déposé selon le procédé de l'invention	870 ± 75
FeNiCrBSiC à l'état d'alliage massif ou refondu	800 ± 50

Revendications

1. Procédé pour la réalisation d'un revêtement sur un substrat, du type selon lequel on projette des particules en fusion animées d'une énergie cinétique sur une surface d'un substrat, du type consistant à chauffer une zone du substrat à revêtir sur une épaisseur très réduite, juste avant l'impact des particules, et à refroidir la zone revêtue avec une température de refroidissement inférieure à la température d'oxydation et de déformation du substrat, **caractérisé en ce qu'il** consiste à maintenir le reste du substrat à la température ambiante et **en ce que** le refroidissement est effectué immédiatement après le dépôt du revêtement, la zone chauffée étant sensiblement égale à la surface d'impact des particules, puis à recommencer séquentiellement la précédente opération, zone après zone, jusqu'à ce que ladite surface soit totalement revêtue.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la température de chauffage dépend de la nature du substrat.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens de refroidissement sont constitués par une projection d'un fluide cryogénique tel que du CO₂ liquide.
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens de chauffage et de projection de particules sont animés d'un mouvement relatif par rapport au substrat, le pas du mouvement relatif étant égal à la surface de la zone à revêtir.
5. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon les revendications 1 à 4, du type comprenant des moyens de chauffage (5), des moyens de projection thermique de particules (4) et des moyens de refroidissement (6), lesdits moyens de chauffage et de projection étant animés d'un mouvement relatif par rapport au substrat (3), lesdits moyens de chauffage (5) étant disposés en amont des moyens de projection (4), de sorte que chaque zone (9) chauffée soit disposée immédiatement avant son passage sous les moyens de projection, **caractérisé en ce que**

la zone du substrat située sous les moyens de projection présente une section qui est égale à la zone chauffée et **en ce que** la zone revêtue est immédiatement après, sans transition, soumise à un refroidissement par un fluide cryogénique, de sorte que la température de refroidissement soit inférieure à la température d'oxydation et de déformation du substrat (3).

6. Dispositif selon la revendication 5 **caractérisé en ce que** les moyens de refroidissement sont animés du même dit mouvement relatif par rapport au substrat.
7. Dispositif selon les revendications 5 ou 6, **caractérisé en ce que** les températures de chauffage et de refroidissement sont choisies en fonction de la nature du substrat et des particules projetées.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung auf einem Substrat, wobei man geschmolzene Partikel, denen kinetische Energie zugeführt wurde, auf eine Oberfläche eines Substrats spritzt bzw. sprüht, wobei man eine Zone des zu beschichtenden Substrats kurz vor dem Aufprall der Partikel über eine sehr geringe Dicke hinweg erhitzt, und wobei man die beschichtete Zone mit einer Kühltemperatur unterhalb der Oxidations- und der Verformungstemperatur des Substrats kühlt, **dadurch gekennzeichnet, daß** man den Rest des Substrats auf Umgebungstemperatur hält und daß die Kühlung unmittelbar nach der Auftragung der Beschichtung erfolgt, wobei die erhitzte Zone im wesentlichen der Fläche des Aufpralls der Partikel entspricht, woraufhin der vorhergehende Vorgang Zone für Zone solange sequentiell wiederholt wird, bis die Fläche vollständig beschichtet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Heiztemperatur von der Art des Substrats abhängt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kühlmittel durch Aufspritzen eines Kältemittels, wie z.B. flüssiges CO₂, gebildet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** den Mitteln zum Erhitzen und Spritzen bzw. Sprühen der Partikel eine Relativbewegung bezüglich des Substrats verliehen wird, wobei die Schrittweite der Relativbewegung der Fläche der zu beschichtenden Zone entspricht.
5. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, mit Heizmitteln (5), Mitteln (4) zum thermischen Spritzen bzw. Sprühen von Teilchen und Kühlmitteln (6), wobei den Mitteln zum Erhitzen und Spritzen bzw. Sprühen der Partikel eine Relativbewegung bezüglich des Substrats (3) verliehen wird, und wobei die Heizmittel (5) stromaufseitig von den Spritz- bzw. Sprühmitteln (4) derart angeordnet sind, daß jede erhitzte Zone (9) unmittelbar vor ihrem Durchtritt unter den Spritz- bzw. Sprühmitteln angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die unter den Spritz- bzw. Sprühmitteln befindliche Zone des Substrats einen Abschnitt aufweist, der der erhitzten Zone entspricht, und daß die beschichtete Zone unmittelbar danach ohne Übergang einer Kühlung mittels eines Kältemittels ausgesetzt wird, so daß die Kühltemperatur unterhalb der Oxidations- und Verformungstemperatur des Substrats (3) liegt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** den Kühlmitteln dieselbe Relativbewegung bezüglich des Substrats verliehen wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Heiztemperatur und die Kühltemperatur in Abhängigkeit von der Art des Substrats und der gespritzten bzw. gesprühten Partikel gewählt werden.

Claims

1. Method for producing a coating on a substrate, of the type in which molten particles moved by kinetic energy are sprayed onto a surface of a substrate, of the type consisting of heating a zone of the substrate to be coated to a very shallow depth just before impact of the particles, and of cooling the coated zone to a cooling temperature lower than the temperature of oxidation and of deformation of the substrate, **characterised in that** it consists of keeping the rest of the substrate at ambient temperature and **in that** the cooling is carried out immediately after deposition of the coating, the heated zone being substantially equal to the impact surface of the particles, then of

sequentially recommencing the preceding operation zone by zone until the said surface is completely coated.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the heating temperature depends on the nature of the substrate.

3. Method according to claim 1, **characterised in that** the cooling means consist of a jet of a cryogenic fluid such as liquid CO₂.

4. Method according to claim 1, **characterised in that** the heating and particle-spraying means perform a relative movement with respect to the substrate, the pitch of the relative movement being equal to the surface of the zone to be coated.

5. Device for implementing the method according to claims 1 to 4, of the type comprising heating means(5), thermal particle-spraying means (4) and cooling means (6), the said heating and spraying means performing a relative movement with respect to the substrate (3), the said heating means (5) being disposed upstream of the spraying means (4) so that each heated zone (9) is immediately in advance of its passage under the spraying means, **characterised in that** the zone of the substrate located under the spraying means has a cross-section which is equal to the heated zone and **in that** the coated zone is subjected immediately afterwards, without transition, to cooling by a cryogenic fluid, the cooling temperature being lower than the temperature of oxidation and of deformation of the substrate (3).

6. Device according to claim 5, **characterised in that** the cooling means perform the same said relative movement with respect to the substrate.

7. Device according to claims 5 or 6, **characterised in that** the heating and cooling temperature are selected depending on the nature of the substrate and of the sprayed particles.

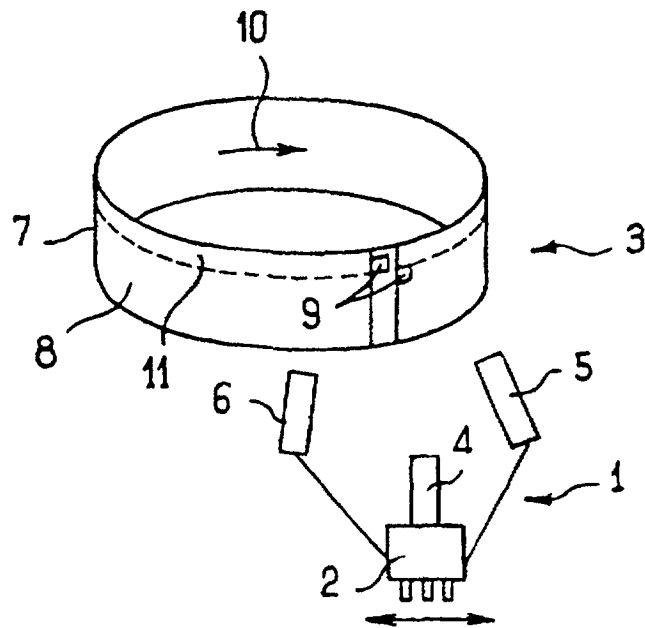


FIG. 1

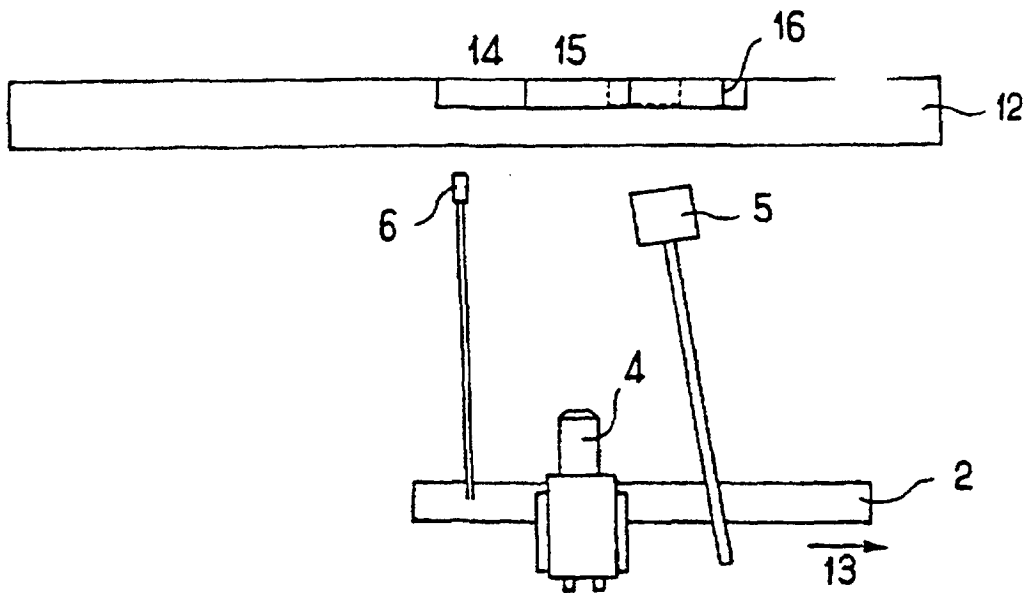


FIG. 2