



(11) **EP 1 925 693 A2**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
28.05.2008 Bulletin 2008/22

(51) Int Cl.:
C23C 24/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07022932.3**

(22) Date de dépôt: **27.11.2007**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK RS

(30) Priorité: **27.11.2006 RU 2006141982**

(71) Demandeurs:
• **ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE SAINT ETIENNE**
42000 Saint Etienne (FR)
• **Institut de Mécanique Théorique et Appliquée SA Khristianovich de la Division Sibérienne de Novosibirsk 630090 (RU)**

(72) Inventeurs:
• **Alkhimov, Anatoly Pavlovich**
630090 Novosibirsk (RU)

- **Kosarev, Vladimir Federovich**
630058 Novosibirsk (RU)
- **Klinkov, Sergey Vladimirovich**
630090 Novosibirsk (RU)
- **Lavrushin, Victor Vladimirovich**
région de Novosibirsk
633010 Berdsk (RU)
- **Sova, Aleksey Alesandrovich**
630090 Novosibirsk (RU)
- **Laget, Bernard**
42800 Chateauneuf (FR)
- **Bertrand, Philippe**
42210 Boisset Les Montrond (FR)
- **Smurov, Igor**
42210 Boisset Les Montrond (FR)

(74) Mandataire: **Delorme, Nicolas et al**
Cabinet Germain & Maureau,
12, rue de la République
42000 Saint Etienne (FR)

(54) **Méthode de projection gazodynamique à froid des matériaux en poudre et équipement pour sa mise en oeuvre**

(57) L'invention concerne une méthode et un dispositif de projection gazodynamique de matériaux en poudre en vue de l'utilisation dans la mécanique et d'autres domaines industriels pour former des revêtements fonctionnels apportant des propriétés différentes sur les surfaces traitées. L'élargissement des capacités fonctionnelles et technologiques de la méthode et de l'appareil est atteint grâce au fait que des matériaux (métalliques ou non), en poudre de propriétés différentes sont alimentés simultanément dans les parties subsonique et/ou supersonique de la buse via les différents points d'alimentation afin d'assurer les conditions de projection optima-

les pour chaque matériau en poudre. Les poudres différentes sont injectées dans la buse supersonique via le point principal d'alimentation en poudre réalisé de sorte de permettre d'alimenter séparément les poudres différentes dans les parties subsonique et/ou supersonique de la buse et via les points supplémentaires d'alimentation des poudres différentes dans la partie supersonique de la buse, ces points supplémentaires étant réalisés sous forme d'éléments interchangeables et montés consécutivement et coaxialement à la partie supersonique de la buse.

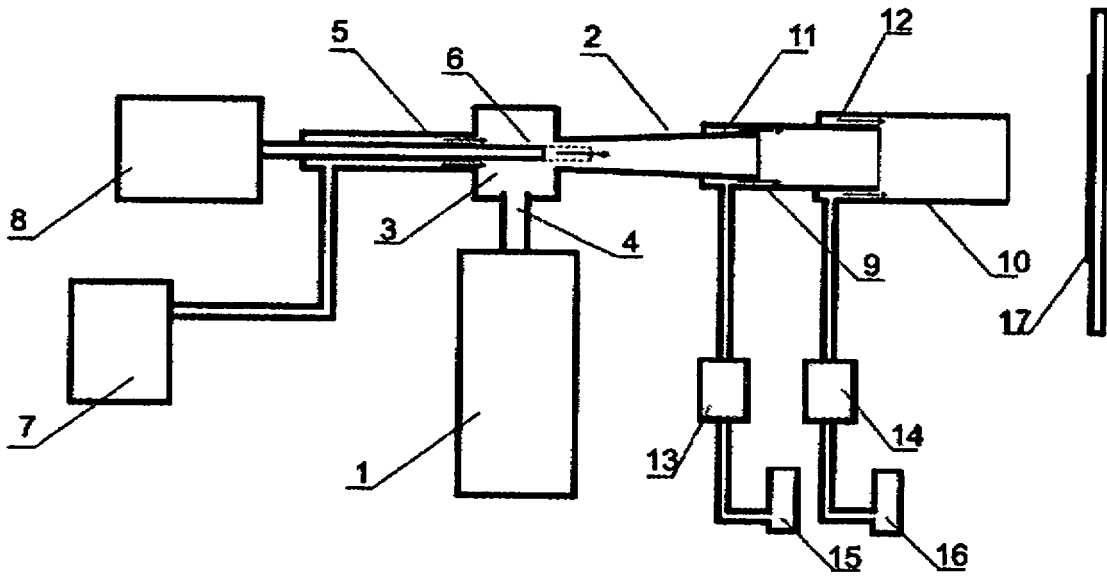


Fig. 1

Description

[0001] L'invention concerne une méthode et un dispositif de projection gazodynamique de matériaux sous forme de poudre en vue de l'utilisation dans la mécanique et d'autres domaines industriels pour former des revêtements fonctionnels apportant des propriétés différentes sur les surfaces traitées.

[0002] Il est connu un procédé de projection gazodynamique mis en oeuvre avec le dispositif décrit dans le document RU 1674585. Ce dispositif comporte une source de gaz en pression, un doseur de poudre, un réchauffeur de gaz porteur, une antichambre de mélange et une buse supersonique. Par ce procédé, la technologie de dépôt est réalisée comme suit. Le gaz est injecté dans le doseur de poudre et dans le réchauffeur de gaz où il est chauffé et ensuite injecté dans l'antichambre de mélange. Ensuite le gaz arrive dans la buse supersonique où il est accéléré jusqu'à une vitesse désirée. Le mélange de gaz et de poudre est alimenté dans l'antichambre de mélange d'où il arrive dans la buse supersonique où les particules de, poudre sont accélérées. A la sortie de la buse supersonique, les particules de poudre frappent la surface traitée avec une vitesse et une concentration désirées et, par cela, forment un dépôt.

[0003] L'insuffisance de ce procédé technique est que la poudre peut être alimentée uniquement dans la partie sous-critique de la buse supersonique. Par conséquent, le contrôle des paramètres d'écoulement du flux biphasé dans un large domaine paramétrique est impossible. Un autre inconvénient est que, lors du dépôt de revêtements composites (plusieurs matériaux métalliques ou non), il est impossible d'alimenter séparément les composants (métalliques ou non) dans la buse supersonique de manière simultanée. Des dépôts composites (métalliques ou non) ne peuvent être formés qu'à partir des mélanges mécaniques de poudres différentes préparés à cet effet. Les conditions de projection optimales pour deux poudres ou plus ayant les propriétés essentiellement différentes ne peuvent être assurées.

[0004] Il est également connu par le document RU 2190695 un dispositif de projection gazodynamique de matériaux en poudre qui permet d'injecter le mélange de gaz et de poudre dans les parties sous-critique ou supercritique de la buse supersonique, ce qui rend possible la variation des paramètres du procédé de projection.

[0005] L'inconvénient de ce dispositif est que, comme dans le cas précédent, les revêtements composites ne peuvent être formés qu'à partir des mélanges mécaniques de poudres différentes préparés à l'avance. Les conditions de projection optimales pour les poudres différentes ne peuvent pas être assurées en même temps. Le dispositif permet d'alimenter des poudres différentes consécutivement via un seul et unique point d'alimentation en poudre. Dans ce cas, seuls les revêtements multicouches peuvent être formés et non les revêtements composites avec une distribution uniforme de composants.

[0006] Dans ce contexte technique, un but de la présente invention est d'élargir les capacités fonctionnelles et technologiques d'un procédé et d'un dispositif de projection gazodynamique à froid des matériaux en poudre, y compris en vue de la déposition de revêtements composites dans des conditions optimales pour chaque poudre composant le mélange.

[0007] Cet objectif et d'autres sont atteints grâce au fait que, dans le procédé proposé de projection gazodynamique à froid des, matériaux en poudre comprenant l'alimentation de la poudre dans une buse supersonique via un point d'alimentation, son accélération par un flux de gaz chauffé et son dépôt sur la surface de la pièce, les matériaux en poudre de propriétés différentes sont alimentés simultanément dans les parties subsonique et/ou supersonique de la buse via les différents points d'alimentation afin d'assurer les conditions de projection optimales pour chaque matériau en poudre.

[0008] De plus, le procédé prévoit une alimentation principale d'au moins un matériau en poudre dans une buse supersonique, son accélération par un flux de gaz chauffé et, simultanément, au moins une alimentation supplémentaire d'au moins un matériau en poudre via au moins un point d'alimentation supplémentaire au niveau de l'extrémité de sortie de ladite buse supersonique formant un flux multi composants de gaz et de poudre.

[0009] L'invention concerne également un dispositif de projection gazodynamique à froid de matériaux en poudre comprenant un module de projection comprenant un réchauffeur électrique de gaz en pression et une buse supersonique ayant un orifice de sortie, relié à la sortie du réchauffeur et, au point d'alimentation de poudre dans la buse supersonique, un conteneur d'alimentation en poudre dont la sortie est reliée au point d'alimentation de poudre dans la buse supersonique. En outre, la buse supersonique comporte un moyen principal d'alimentation de poudre permettant d'alimenter séparément au moins deux poudres et reçoit au moins un moyen supplémentaire d'alimentation d'au moins une poudre dans la partie supersonique de la buse.

[0010] Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, chaque moyen supplémentaire d'alimentation comprend une buse supplémentaire reliée à un conteneur d'alimentation en poudre conçu pour être monté coaxialement à la partie supersonique de la buse.

[0011] De façon avantageuse, un premier moyen supplémentaire d'alimentation est engagé sur l'orifice de sortie de la buse supersonique en laissant un espace libre entre lui et la paroi extérieure de la buse en formant un conduit circulaire d'alimentation en poudre ; les moyens supplémentaires d'alimentation suivants étant montés laissant un espace libre par rapport aux parois extérieures du moyen supplémentaire d'alimentation qui précède délimitant un conduit circulaire d'alimentation supplémentaire en poudre entre deux moyens supplémentaires d'alimentation consécutifs.

[0012] De façon à assurer une alimentation en différentes poudres de caractéristiques distinctes, chaque

moyen supplémentaire d'alimentation comprend un réchauffeur électrique et un conteneur d'alimentation en poudre.

[0013] Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, il est prévu que les moyens supplémentaires d'alimentation en poudre puissent être déplacés télescopiquement l'un par rapport à l'autre et par rapport à la buse supersonique.

[0014] De façon avantageuse, les conduits circulaires d'alimentation en poudre des points supplémentaires sont réalisés avec des sections transversales de formes différentes, par exemple, rondes, ovales, rectangulaires ou de fente.

[0015] Il peut être prévu que les conduits circulaires d'alimentation en poudre des points supplémentaires sont réalisés avec une section transversale constante.

[0016] De plus, les conduits circulaires d'alimentation en poudre des points supplémentaires sont réalisés avec une section transversale variable.

[0017] Dans une forme de réalisation, le dispositif comprend un module de commande relié au réchauffeur électrique de gaz comprimé par un câble électrique.

[0018] Il peut être prévu que chaque réchauffeur soit alimenté de manière électrique.

[0019] En outre, les moyens d'alimentation principaux sont reliés à des parties subsonique et/ou supersonique de la buse.

[0020] Grâce à leur solution de construction, la méthode et le dispositif de projection gazodynamique des matériaux en poudre proposés permettent de créer des conditions de projection qui seront optimales simultanément pour deux poudres ou plus dotées de propriétés substantiellement différentes.

[0021] Pour sa bonne compréhension, l'invention est décrite en référence à la figure unique du dessin ci-joint représentant à titre d'exemple non limitatif une forme de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

[0022] Le dispositif de projection gazodynamique à froid des matériaux en poudre comprend un réchauffeur électrique de gaz en pression 1, une buse supersonique 2 avec une antichambre 3, un point d'alimentation en gaz porteur 4, un point principal d'alimentation en mélange de poudres permettant d'alimenter les poudres séparément dans une partie subsonique 5 et/ou une partie supersonique 6 de la buse, ce point principal d'alimentation étant relié aux doseurs de poudres 7 et 8 à l'aide d'un conduit pneumatique flexible. La buse supersonique 2 comporte des moyens supplémentaires d'alimentation de poudres ayant des propriétés différentes qui créent des points d'alimentation supplémentaire 9,10, dans la partie supersonique 6 de la buse. Les points supplémentaires (un ou plus) 9, 10 sont réalisés sous forme d'éléments interchangeables qui peuvent être des buses supplémentaires qui sont montées consécutivement et coaxialement à la partie supersonique 6 de la buse de manière que le premier point supplémentaire est monté sur l'orifice de sortie de la buse supersonique laissant un espace libre entre lui et la paroi extérieure de la buse et

par cela formant un conduit circulaire 11 d'alimentation en poudre, les points suivants sont montés laissant un espace libre par rapport aux parois extérieures des points qui précèdent et par cela formant un conduit circulaire 12 d'alimentation en poudre entre le précédant et le suivant, et, enfin, les points supplémentaires d'alimentation en poudre peuvent être déplacés télescopiquement l'un par rapport à l'autre et par rapport à la buse supersonique. Les conduits circulaires 11, 12 d'alimentation en poudre des points supplémentaires sont réalisés avec des sections transversales de formes différentes, par exemple, rondes, ovales, rectangulaires ou de fente. Chaque moyen supplémentaire d'alimentation en poudre possède de préférence un réchauffeur électrique 13, 14 et un conteneur d'alimentation en poudre 15, 16. Les points supplémentaires d'alimentation en poudres peuvent être réalisés avec des sections transversales constantes ou non.

[0023] Le procédé est mis en oeuvre comme suit.

[0024] Le gaz porteur contenu dans le réchauffeur électrique 1 est injecté dans l'antichambre 3 de la buse supersonique 2 via le point d'injection de gaz porteur 4. A l'aide d'un tableau de contrôle (n'est pas présenté sur le schéma), la pression et température désirées du gaz porteur sont données dans l'antichambre 3. Lors de son passage dans la buse supersonique 2, le gaz porteur atteint une vitesse supersonique. Le mélange de gaz et de poudre est injecté dans des doseurs de poudre 7 et 8 via le point principal d'alimentation en poudres permettant d'alimenter les poudres séparément dans la partie subsonique 5 et/ou la partie supersonique 6 de la buse 2.

[0025] Les mélanges de gaz et de poudres différents sont injectés dans des conteneurs d'alimentation en poudre 15, 16. Ils passent par les réchauffeurs électriques 13, 14, atteignent la température désirée et, via les conduits circulaires 11, 12 d'alimentation en poudre, arrivent dans la partie supersonique de la buse. Ensuite, un mélange de flux turbulents se fait et, à la sortie de la buse, un flux multi-composants de gaz et de poudres se produit et se dirige vers un substrat 17 pour former un revêtement composite.

[0026] Cette solution technique représente les avantages suivants.

[0027] Les particularités de la structure du dispositif permettent de réaliser la méthode proposée, à savoir l'injection simultanée des poudres avec les propriétés différentes via les points d'alimentation en poudre séparés et, par cela, de choisir les conditions de déposition de revêtements composites selon les propriétés des poudres utilisées. Par la méthode proposée, une meilleure qualité de revêtements peut être assurée ainsi que les revêtements composites peuvent être formés des poudres ayant les propriétés physiques et techniques essentiellement différentes.

[0028] La possibilité de déplacer télescopiquement les points supplémentaires d'alimentation en poudre l'un par rapport à l'autre et par rapport à la buse supersonique permet de varier la longueur de la zone de mélange de

flux turbulents et, par cela, d'optimiser les conditions de projection pour les poudres différentes.

[0029] Le choix de la forme des sections transversales des conduits circulaires des points supplémentaires d'alimentation en poudre (ronde, ovale et rectangulaire) permet d'adapter et d'optimiser les conditions de projection pour des tâches techniques définies. Par exemple, les points supplémentaires d'alimentation en poudre avec les sections transversales ovales ou rectangulaires sont utilisés pour couvrir les grandes surfaces tandis qu'un dépôt sur un spot local de surface se fait en utilisant les points supplémentaires d'alimentation en poudre avec les sections transversales rondes.

[0030] L'attribution d'un réchauffeur électrique et d'un conteneur d'alimentation en poudre séparés à chaque point supplémentaire d'alimentation en poudre permet un choix individuel de paramètres de procédé optimaux pour chaque composant de la mixture et, par cela, d'augmenter la qualité des dépôts obtenus.

[0031] Le spectre d'applications de la méthode de déposition proposée s'élargit grâce à l'utilisation des points supplémentaires d'alimentation en poudre avec les sections transversales constantes ou variées.

Revendications

1. Procédé de projection gazodynamique à froid d'au moins un matériau en poudre comprenant l'alimentation dudit matériau en poudre dans une buse supersonique (2) via un point d'alimentation, son accélération par un flux de gaz chauffé et son dépôt sur la surface d'une pièce, **caractérisé en ce que** les matériaux en poudre de propriétés différentes sont alimentés simultanément dans les parties subsonique et/ou supersonique de la buse via différents points d'alimentation afin d'assurer un régime de projection optimal pour chaque matériau en poudre.
2. Procédé de projection selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** prévoit une alimentation principale d'au moins un matériau en poudre dans une buse supersonique (2), son accélération par un flux de gaz chauffé et, simultanément, au moins une alimentation supplémentaire d'au moins un matériau en poudre via au moins un point d'alimentation supplémentaire (9,10) au niveau de l'extrémité de sortie de ladite buse supersonique (2) formant un flux multi composants de gaz et de poudre.
3. Dispositif de projection gazodynamique à froid de matériaux en poudre comprenant un module de projection comprenant un réchauffeur (1) électrique de gaz en pression et une buse supersonique (2) ayant un orifice de sortie, reliée à la sortie du réchauffeur (1) et, au point d'alimentation (4) de poudre dans la buse supersonique (2), un conteneur d'alimentation en poudre dont la sortie est reliée au point d'alimentation de poudre dans la buse supersonique (2), **caractérisé en ce que** la buse supersonique (2) comporte un moyen principal d'alimentation de poudre permettant d'alimenter séparément au moins deux poudres et au moins un moyen supplémentaire d'alimentation d'au moins une poudre dans la partie supersonique de la buse (2).
4. Dispositif de projection selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** chaque moyen supplémentaire d'alimentation comprend une buse supplémentaire reliée à un conteneur d'alimentation en poudre (15,16) conçu pour être monté coaxialement à la partie supersonique de la buse (2).
5. Dispositif de projection selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'un** premier moyen supplémentaire d'alimentation est engagé sur l'orifice de sortie de la buse supersonique (2) en laissant un espace libre entre lui et la paroi extérieure de la buse (2) en formant un conduit circulaire d'alimentation en poudre ; les moyens supplémentaires d'alimentation suivants étant montés laissant un espace libre par rapport aux parois extérieures du moyen supplémentaire d'alimentation qui précède délimitant un conduit circulaire d'alimentation supplémentaire (11,12) en poudre entre deux moyens supplémentaires d'alimentation consécutifs.
6. Dispositif de projection selon l'un des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce que** chaque moyen supplémentaire d'alimentation comprend un réchauffeur électrique (13,14) et un conteneur d'alimentation en poudre (15,16).
7. Dispositif de projection selon l'un des revendications 3 à 6, **caractérisé en ce que** les moyens supplémentaires d'alimentation en poudre peuvent être déplacés télescopiquement l'un par rapport à l'autre et par rapport à la buse supersonique.
8. Dispositif de projection selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les conduits circulaires d'alimentation en poudre des points supplémentaires sont réalisés avec des sections transversales de formes différentes, par exemple, rondes, ovales, rectangulaires ou de fente.
9. Dispositif de projection selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les conduits circulaires d'alimentation en poudre des points supplémentaires sont réalisés avec une section transversale constante.
10. Dispositif de projection selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les conduits circulaires d'alimentation en poudre des points supplémentaires sont réalisés avec une section transversale variable.

11. Dispositif de projection selon l'une des revendications 3 à 10, **caractérisé en ce que** le dispositif comprend un module de commande relié au réchauffeur (1) électrique de gaz comprimé par un câble électrique. 5
12. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 11, **caractérisé en ce que** chaque réchauffeur est alimenté de manière électrique. 10
13. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 12, **caractérisé en ce que** les moyens d'alimentation principaux sont reliés à des parties subsonique et/ou supersonique de la buse (2). 15

20

25

30

35

40

45

50

55

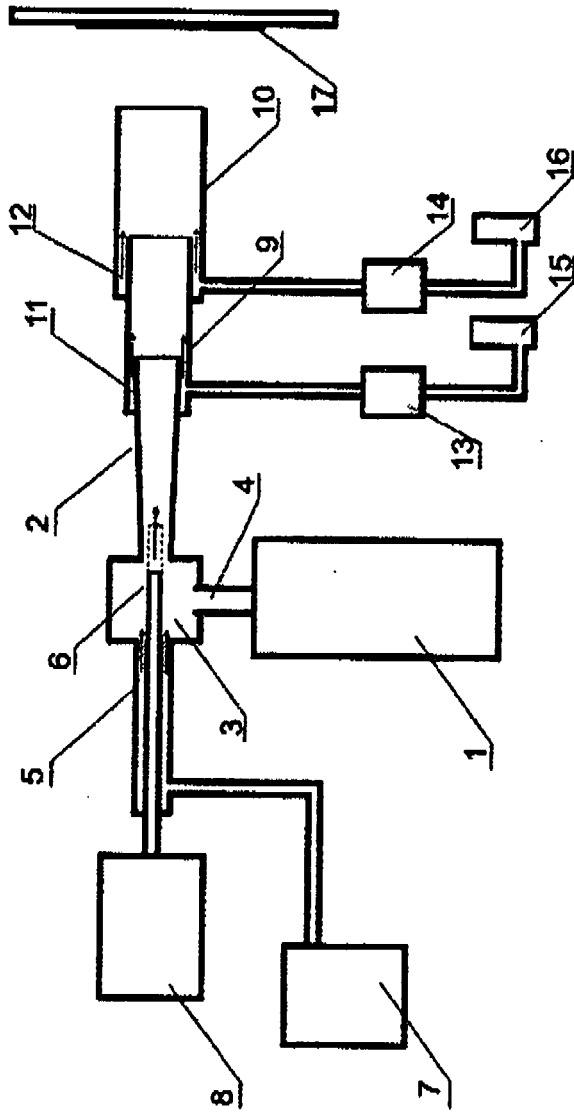


Fig. 1

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- RU 1674585 [0002]
- RU 2190695 [0004]