

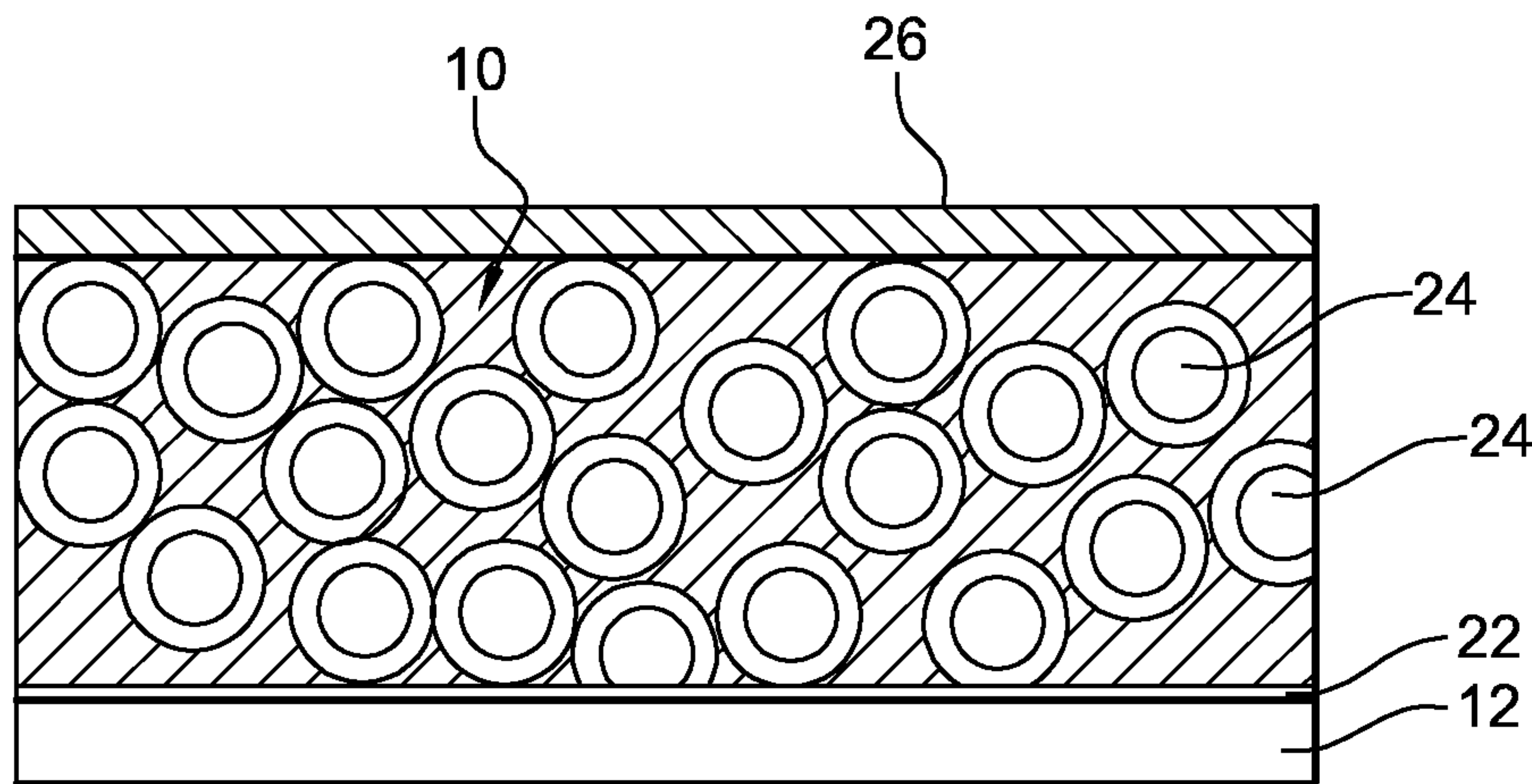


(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2010/07/01
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2011/01/06
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2011/12/22
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2010/051382
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2011/001117
 (30) Priorité/Priority: 2009/07/02 (FR09/03251)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C23C 4/02* (2006.01),
C23C 28/00 (2006.01), *C23C 4/06* (2006.01)
 (71) Demandeur/Applicant:
SNECMA, FR
 (72) Inventeurs/Inventors:
ARANTES, ANTONIO CREMILDO, FR;
DUDON, LAURENT PAUL, FR;
MONS, CLAUDE MARCEL, FR
 (74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : REVETEMENT DE PROTECTION THERMIQUE POUR UNE PIECE DE TURBOMACHINE ET SON
PROCEDE DE REALISATION
 (54) Title: HEAT-PROTECTIVE COATING FOR A TURBINE ENGINE PART, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

Fig. 3



(57) **Abrégé/Abstract:**

Revêtement de protection thermique en particulier d'une pièce (12) de turbomachine, déposé par projection thermique sur la surface de la pièce (12) et comprenant au moins 80% en volume de micro-billes creuses de céramique réparties dans un alliage métallique à base de nickel ou de cobalt, ce revêtement pouvant être déposé sur une couche d'accrochage (22) en alliage métallique et revêtu d'une couche (26) de protection contre l'érosion ou contre l'usure par frottement ou d'une couche réfléchissant les radiations thermiques.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
6 janvier 2011 (06.01.2011)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/001117 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
C23C 4/02 (2006.01) C23C 28/00 (2006.01)
C23C 4/06 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/051382
- (22) Date de dépôt international :
1 juillet 2010 (01.07.2010)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
09/03251 2 juillet 2009 (02.07.2009) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
SNECMA [FR/FR]; 2, boulevard du Général Martial
Valin, F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
ARANTES, Antonio, Crémildo [FR/FR]; 113, rue
Edouard Branly, F-91700 Sainte Genevieve Des Bois
(FR). DUDON, Laurent, Paul [FR/FR]; 16, rue du
Moulin Joli, F-91170 Viry-Chatillon (FR). MONS,
Claude, Marcel [FR/FR]; 1, Rond Point de la Corrèze,
F-77176 Savigny le Temple (FR).
- (74) Mandataire : ERNEST GUTMANN - YVES
PLASSERAUD SAS; 3, rue Auber, F-75009 Paris (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : HEAT-PROTECTIVE COATING FOR A TURBINE ENGINE PART, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) Titre : REVÊTEMENT DE PROTECTION THERMIQUE POUR UNE PIÈCE DE TURBOMACHINE ET SON PROCÉDÉ DE RÉALISATION

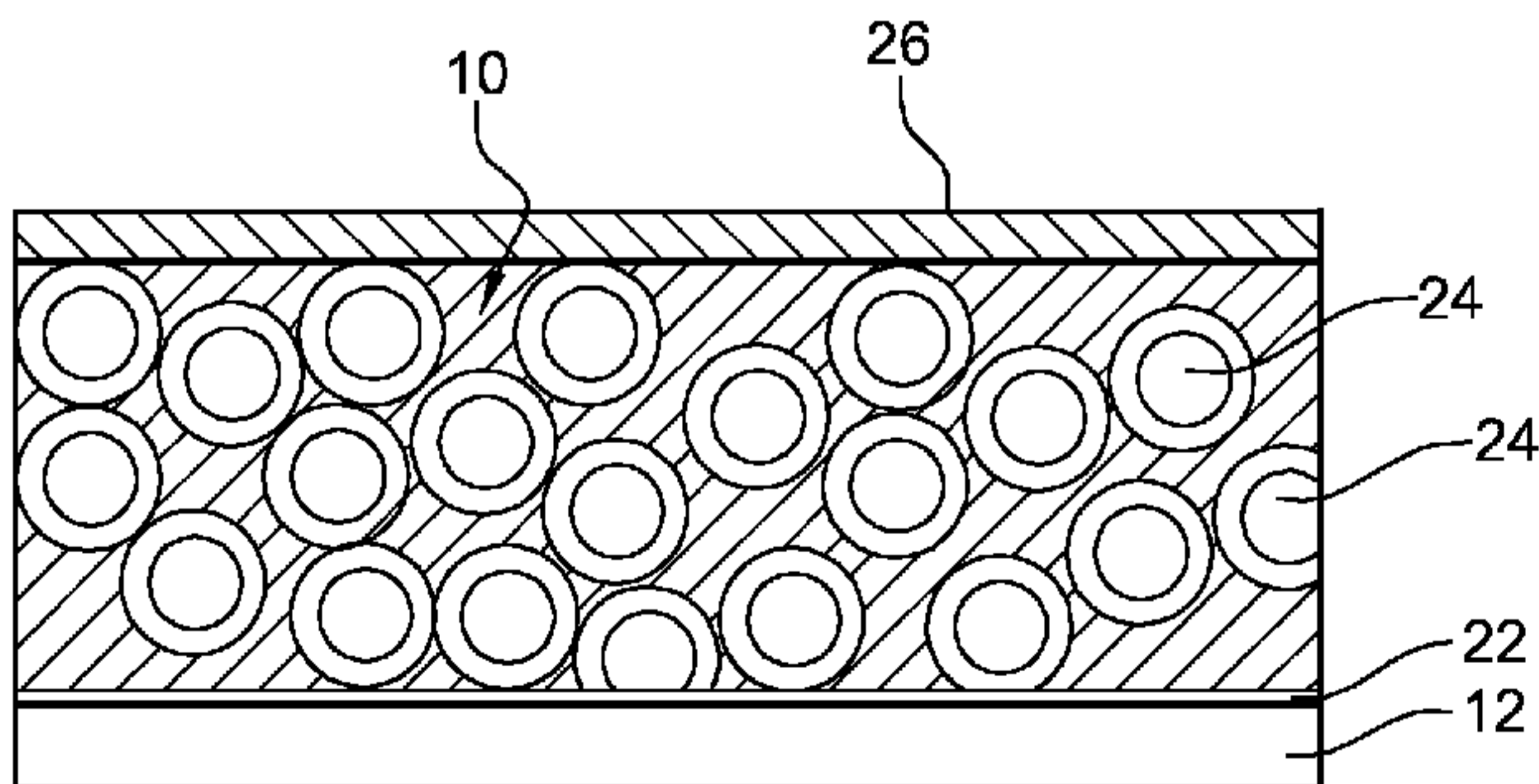


Fig. 3

(57) Abstract : The invention relates to a heat-protective coating, in particular for a turbine engine part (12), which is deposited by means of thermal spraying onto the surface of the part (12) and includes at least 80 vol % of hollow ceramic microbeads distributed in a nickel or cobalt metal alloy, said coating being depositable onto a metal alloy bonding layer (22) and coated with a layer (26) for protecting against erosion or wear due to rubbing, or with a layer for reflecting heat radiation.

(57) Abrégé : Revêtement de protection thermique en particulier d'une pièce (12) de turbomachine, déposé par projection thermique sur la surface de la pièce (12) et comprenant au moins 80% en volume de micro-billes creuses de céramique réparties dans un alliage métallique à base de nickel ou de cobalt, ce revêtement pouvant être déposé sur une couche d'accrochage (22) en alliage métallique et revêtu d'une couche (26) de protection contre l'érosion ou contre l'usure par frottement ou d'une couche réfléchissant les radiations thermiques.

WO 2011/001117 A1

Revêtement de protection thermique pour une pièce de turbomachine et son procédé de réalisation

L'invention concerne un revêtement de protection thermique en particulier pour une pièce d'une turbomachine telle qu'un turbopropulseur ou un turboréacteur d'avion, et un procédé de réalisation de ce revêtement.

Dans une turbomachine telle qu'un moteur d'avion, un certain nombre de pièces doivent être protégées ou isolées d'un apport thermique provenant soit d'un flux de gaz chauds générés dans la turbomachine, soit de pièces voisines portées elles mêmes à haute température. Il faut donc équiper ces pièces de moyens de protection thermique qui sont compatibles avec les exigences propres aux moteurs d'avion : durabilité, résistance à l'environnement direct, faible poids, simplicité, efficacité prouvée, etc.

Il faut également que ces moyens de protection thermique ne soient pas des pièces ajoutées et soient au contraire intégrés aux pièces à protéger qui ont déjà une fonction propre dans le moteur d'avion. On ne peut donc pas utiliser de tôles de protection thermique, qui sont efficaces mais qui constituent des pièces supplémentaires augmentant la masse et diminuant l'espace disponible dans le moteur.

D'autres solutions envisageables comprennent des revêtements isolants en mousse mais ces derniers ont une durée de vie faible et ne sont pas adaptés aux températures élevées.

Il est également connu de former sur les pièces à protéger des barrières thermiques en céramique à base de zircone, mais celles-ci ont une épaisseur limitée (moins d'un millimètre), et sont fragiles et coûteuses à réaliser.

On peut encore envisager le refroidissement de certaines pièces par une circulation d'air prélevé sur le moteur, mais cette solution dégrade les performances du moteur.

L'invention a donc pour objet un revêtement de protection thermique de pièces de turbomachine, en particulier dans un moteur d'avion, qui ne présente pas les inconvénients précités.

Elle a également pour objet un revêtement de protection thermique qui soit de réalisation simple, facile et économique, qui puisse avoir une épaisseur relativement importante et qui ait une masse volumique relativement faible.

Elle propose à cet effet un revêtement de protection thermique, en particulier pour des pièces de turbomachine ou des disques de frein, caractérisé en ce qu'il comprend au moins 80% en volume de micro-billes creuses de céramique réparties dans un alliage métallique à base de nickel ou de cobalt.

Ce revêtement présente une conductibilité thermique inférieure ou égale à $1\text{W/m}\cdot\text{C}$ et son épaisseur peut atteindre 5 mm environ, cette épaisseur étant ajustable et permettant de contrôler le transfert thermique.

Sa masse volumique est inférieure à 2000 kg/m^3 et il peut être utilisé sur des plages de température comprises entre -50°C et $+1100^\circ\text{C}$, en fonction de l'alliage métallique associé aux micro-billes de céramique.

Par ailleurs, son coût est relativement faible, dans la mesure où l'on peut utiliser des micro-billes de céramique qui sont issues de produits de combustion des incinérateurs et ont un prix de revient très faible.

La résistance au transfert thermique du revêtement selon l'invention est principalement liée à la présence des micro-billes creuses de céramique dont la proportion en volume peut être supérieure à 90%.

Le diamètre des micro-billes est typiquement compris entre 30 et $250\ \mu\text{m}$.

L'alliage métallique du revêtement selon l'invention peut comprendre de l'aluminium, du chrome et de l'yttrium.

Il est disponible sous forme de poudre et peut donc être utilisé en projection thermique.

L'invention propose également un procédé de réalisation d'un revêtement de protection thermique du type décrit ci-dessus, ce procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à former le revêtement par projection thermique, sur la surface d'une pièce, d'un mélange de micro-billes creuses de céramique et d'une poudre d'un alliage métallique à base de nickel ou de chrome, au moyen d'une torche à plasma générant un dard de plasma orienté vers la pièce et dans lequel on injecte simultanément et latéralement, en amont, la poudre d'alliage métallique et, en aval, les micro-billes de céramique.

10 Si nécessaire, on peut former d'abord sur la surface de la pièce, par projection thermique, une couche d'accrochage en alliage métallique, ayant une épaisseur comprise typiquement entre 50 et 200 μm , l'alliage de la couche d'accrochage étant de préférence identique à celui du revêtement de protection thermique.

15 Cette couche d'accrochage augmente la rugosité de la surface de la pièce et permet une meilleure adhérence en traction du revêtement de protection thermique.

Le procédé peut consister ensuite à former, sur le revêtement de protection thermique, une couche de protection contre l'érosion ou contre l'usure par frottement et/ou une couche réfléchissante de protection contre les radiations thermiques.

L'invention propose également une pièce de turbomachine, telle qu'un carter ou une nacelle arrière, ou un disque de frein dans un système de freinage caractérisée en ce qu'elle comprend un revêtement de protection thermique tel que décrit ci-dessus ou réalisé par exécution du procédé qui vient d'être décrit.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite à titre d'exemple en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement des moyens de réalisation d'un revêtement de protection thermique selon l'invention ;

- la figure 2 est un graphe représentant des courbes de dilatation thermique d'un revêtement selon l'invention et de la pièce sur laquelle ce
5 revêtement est déposé ;

- la figure 3 est une vue schématique en coupe, à grande échelle, d'une surface de pièce comportant un revêtement de protection thermique selon l'invention.

On a représenté schématiquement en figure 1 des moyens pour la
10 formation d'un revêtement 10 de protection thermique à la surface d'une pièce 12, en particulier d'une pièce de turbomachine, ces moyens comprenant une torche à plasma 14 comprenant des moyens d'amenée de gaz plasmagènes tels que de l'argon et de l'hydrogène et des moyens d'alimentation électrique, ainsi que des moyens 16 d'injection latérale d'un
15 débit de poudre métallique et des moyens 18 d'injection latérale d'un débit de micro-billes creuses en céramique, la poudre métallique et les micro-billes de céramique étant injectées dans un dard 20 de plasma à une distance D de la surface de la pièce à revêtir qui est de l'ordre de 150 mm pour une torche 14 d'un type donné.

20 Les positions d'injection de la poudre métallique et des billes de céramique sont réglables, l'injection des billes de céramique se faisant en aval de l'injection de la poudre métallique pour tenir compte de la différence de masse volumique de ces deux constituants.

La poudre métallique injectée en 16 dans le dard de plasma est une
25 poudre d'un alliage métallique tel que NiAl, NiCrAl ou MCrAlY, M étant du nickel ou du cobalt ou du nickel-cobalt, en fonction des températures auxquelles est exposée la pièce 12 à protéger.

On peut utiliser par exemple des alliages du type NiCrAl pour des
plages de températures comprises entre -50°C et +900°C et des alliages
30 du type MCrAlY pour des plages de température allant jusqu'à + 1100°C, M étant un métal tel que Ni ou Co ou du nickel-cobalt.

Les micro-billes creuses de céramique injectées en 18 ont une composition quelconque et un diamètre moyen compris entre 30 et 250 μm environ, ces micro-billes étant par exemple du type silico-alumineux et étant des produits de recyclage tels que ceux issus de combustion
5 d'incinérateur.

Le mélange projeté sur la surface de la pièce 12 comprend au moins 80% en volume de micro-billes de céramique et, de préférence, au moins 90% en volume de ces micro-billes.

Dans un exemple de réalisation, on projette à l'aide d'une torche 14
10 sur la surface de la pièce 12 un mélange d'un alliage NiCrAl et de micro-billes creuses de céramique, le débit d'alliage métallique étant de 24 g/mn et le débit de micro-billes de céramique étant de 48 g/mn. La torche à plasma est alimentée par un débit de gaz plasmagènes Ar-H₂ compris entre 5 et 50 litres par minute, et par un courant électrique d'une intensité
15 de 500A. On forme ainsi sur la pièce 12 un revêtement 10 ayant une masse volumique de 1700 kg/m³ qui contient 95% environ en volume de micro-billes creuses de céramique.

La conductibilité thermique de ce revêtement est de l'ordre de 0,7 à 1,4 W/m.°C entre 20 et 800°C. L'épaisseur du revêtement 10 est
20 typiquement comprise entre 2 et 5 mm environ, en fonction des températures auxquelles la pièce 12 est soumise.

Il est intéressant que le revêtement de protection 10 ait un coefficient de dilatation thermique inférieur à celui de la pièce 12 comme on le constate à partir des courbes de dilatation thermique de la figure 2.

25 On a représenté sur cette figure la courbe d1 de dilatation thermique de la pièce 12 en fonction de la température T, et la courbe d2 de dilatation thermique du revêtement 10.

Lors de la formation du revêtement 10, la matière de ce revêtement est soumise à une température assez nettement supérieure à la
30 température à laquelle est exposée la pièce 12. Toutefois, comme le revêtement de protection thermique a un coefficient de dilatation inférieur à

celui de la pièce 12, les dilatations thermiques de la pièce 12 et du revêtement 10 aux températures qu'ils leur sont appliquées sont sensiblement égales et leur différence Δd est relativement faible. Ainsi, au refroidissement, le revêtement de protection thermique 10 ne sera pas le
5 siège d'une accumulation de contraintes en traction qui seraient susceptibles de provoquer des micro-fissurations, dans le revêtement isolant et/ou à l'interface entre la pièce 12 et le revêtement 10, ces micro-fissurations formant des ponts thermiques et dégradant l'isolation thermique.

10 Cela permet de former des revêtements 10 de plus forte épaisseur sur la pièce 12 sans risque de décollement.

Typiquement, le revêtement de protection thermique 10 a une adhérence sur la pièce 12 comprise entre 5 et 20 MPa, en fonction de sa teneur en micro-billes creuses, et une dureté comprise entre 10 et 80
15 HR15Y.

Lorsque l'on souhaite améliorer l'adhérence du revêtement 10 sur la pièce 12 on peut, comme représenté schématiquement en figure 3, former sur la pièce 12 une couche d'accrochage qui augmente la rugosité superficielle de la pièce 12 et améliore l'adhérence du revêtement de
20 protection thermique.

Cette couche d'accrochage 22 peut être formée par projection thermique d'un matériau métallique qui est de préférence identique à l'alliage métallique du revêtement 10. La couche d'accrochage 22 peut avoir une épaisseur comprise typiquement entre 50 et 200 μm .

25 Comme le revêtement 10 de protection thermique est sensible à l'érosion, du fait que la présence des micro-billes creuses de céramique 24 on peut former sur le revêtement 10 une couche de protection contre l'érosion, cette couche 26 étant réalisée par projection thermique d'un matériau métallique et ayant une épaisseur typiquement comprise entre 50
30 et 150 μm , ou bien déposer sur le revêtement 10, par peinture ou par dépôt

électrolytique, (ce revêtement étant électroconducteur), une couche d'un autre matériau ayant des propriétés anti-érosion.

En variante, la couche supérieure 26 peut être une couche anti-friction ou une couche de protection contre l'usure par frottement, comme
5 par exemple une couche d'un carbure tel que WC/Co ou WC/CoCr, ou encore une couche d'un matériau métallique standard tel que NiAl ou NiCrAl revêtu d'un film d'un vernis minéral résistant aux hautes températures.

Lorsque la pièce 12 est dans un environnement où les radiations
10 thermiques sont importantes, la couche supérieure 26 peut avoir des propriétés réfléchissantes par rapport au spectre radiatif incident. On peut par exemple déposer sur le revêtement 10 de protection thermique une couche de faible épaisseur (de 50 à 200 μm par exemple) d'un revêtement
15 céramique tel que ZrO₂/Y₂O₃, utilisable jusqu'à des températures de 1250°C environ. Une telle couche permet de réfléchir plus de 40% de l'énergie radiante reçue.

REVENDEICATIONS.

1. Revêtement de protection thermique, en particulier pour des pièces de turbomachine ou des disques de frein, caractérisé en ce qu'il comprend au moins 80% en volume de micro-billes creuses de céramique réparties dans un alliage métallique à base de nickel ou de cobalt.
2. Revêtement selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend au moins 90% en volume de micro-billes creuses de céramique.
3. Revêtement selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il a une épaisseur inférieure ou égale à 5 mm.
4. Revêtement selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le diamètre des micro-billes est compris entre 30 et 250 μm .
5. Revêtement selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'alliage métallique comprend de l'aluminium.
6. Revêtement selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'alliage métallique comprend du chrome.
7. Revêtement selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'alliage métallique comprend de l'yttrium.
8. Procédé de réalisation d'un revêtement de protection thermique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à former le revêtement (10) par projection thermique, sur la surface d'une pièce (12), d'un mélange de micro-billes creuses de céramique et d'une poudre d'un alliage métallique à base de nickel ou de cobalt, au moyen d'une torche à plasma (14) générant un dard de plasma (20) orienté vers la pièce (12) et dans lequel on injecte simultanément et latéralement, en amont, la poudre d'alliage métallique et, en aval, les micro-billes de céramique.
9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'on forme d'abord sur la surface de la pièce (12), par projection thermique, une couche d'accrochage (22) en alliage métallique, ayant une épaisseur

comprise entre 50 et 200 μm , cet alliage étant identique à celui du revêtement (10) de protection thermique.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce qu'il consiste ensuite à former sur le revêtement (10) de protection thermique
5 une couche (26) de protection contre l'érosion ou contre l'usure par frottement et/ou une couche réfléchissante de protection contre les radiations thermiques.

11. Pièce de turbomachine, telle qu'un carter ou une nacelle arrière, caractérisée en ce qu'elle comprend un revêtement de protection
10 thermique selon l'une des revendications 1 à 7 ou réalisé par exécution du procédé selon l'une des revendications 8 à 10.

12. Disque de frein, caractérisé en ce qu'il comprend un revêtement de protection thermique selon l'une des revendications 1 à 7 ou réalisé par exécution du procédé selon l'une des revendications 8 à 10.

15

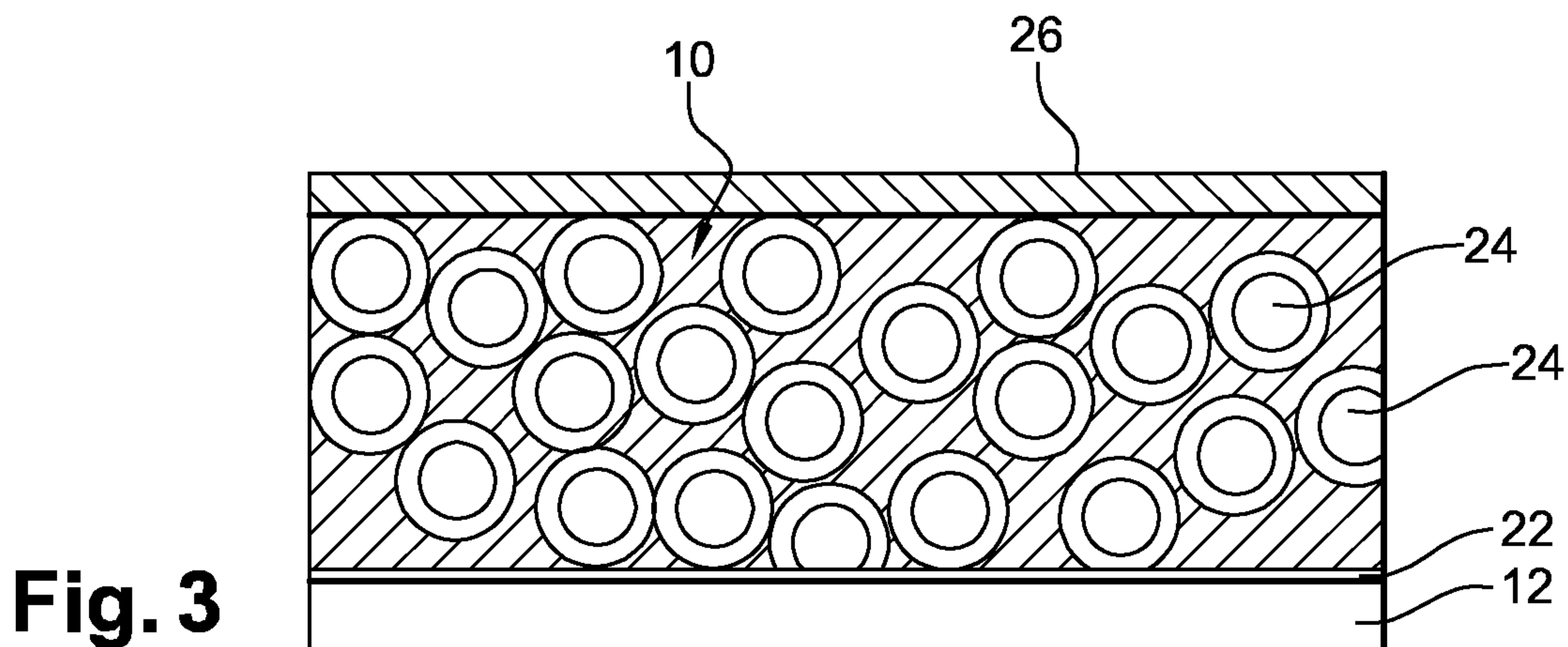
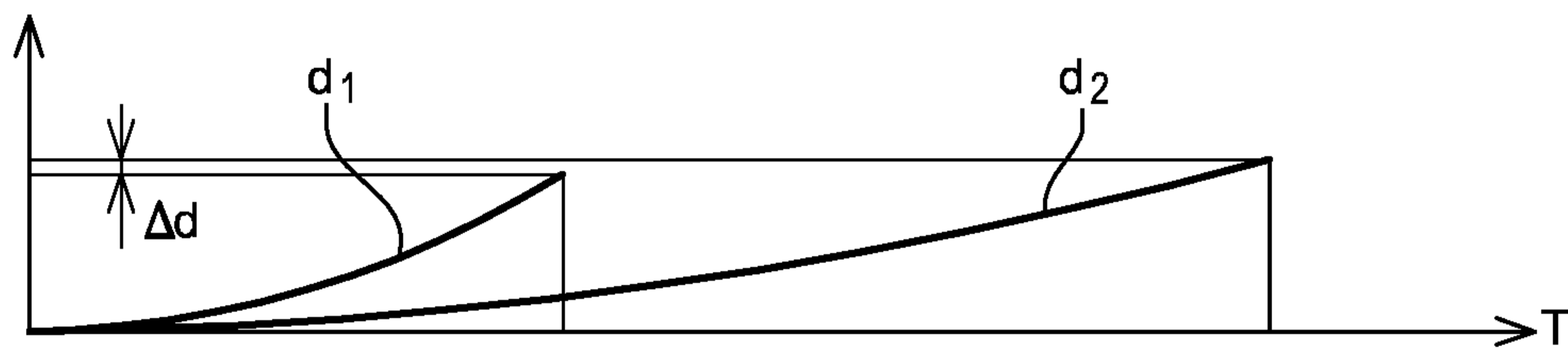
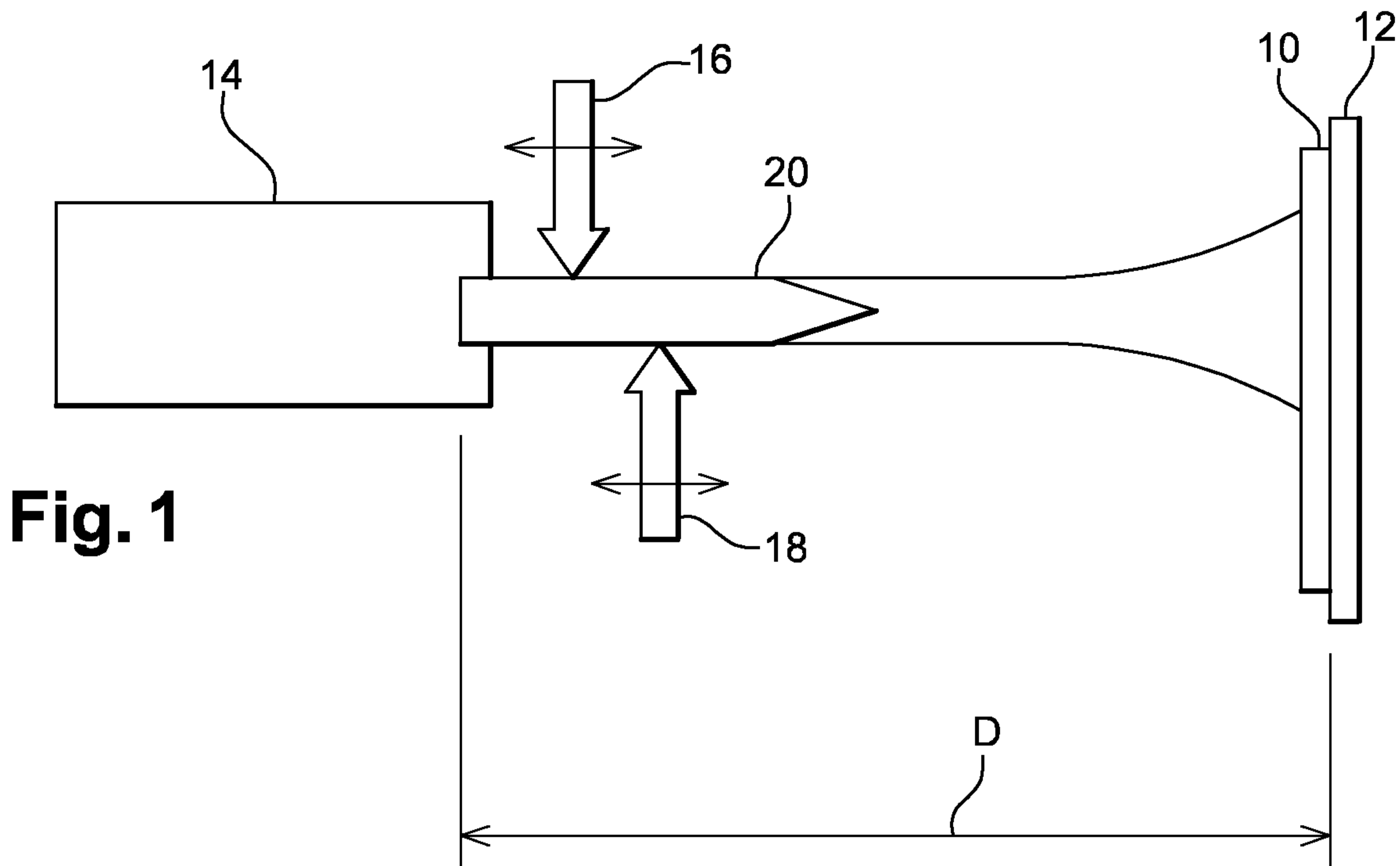


Fig. 3

