

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Dispositif et procédé de fabrication additive avec un écoulement gazeux de protection d'une fenêtre d'accès optique.

②② Date de dépôt : 14.12.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *AddUp Société par actions simplifiée*
(SAS) — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.06.24 Bulletin 24/25.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 14.03.25 Bulletin 25/11.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : DEVROE Sébastien.

⑦③ Titulaire(s) : *AddUp Société par actions simplifiée*
(SAS).

⑦④ Mandataire(s) : REGIMBEAU.

FR 3 143 416 - B1



Description

Titre de l'invention : Dispositif et procédé de fabrication additive avec un écoulement gazeux de protection d'une fenêtre d'accès optique.

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention concerne la fabrication additive et notamment la fabrication additive dans laquelle la poudre de fabrication additive est consolidée par faisceau laser. La fenêtre d'accès optique est la fenêtre qui permet le passage du faisceau laser.

ETAT DE LA TECHNIQUE

- [0002] Lorsqu'en fabrication additive, la poudre de fabrication additive est consolidée par faisceau laser, l'enceinte contenant la poudre présente une fenêtre d'accès optique pour permettre au faisceau laser d'entrer dans l'enceinte. L'exposition de la poudre au faisceau génère un plasma de fusion. Des fumées de lasage peuvent être produites dans l'enceinte. Celles-ci peuvent se déposer sur la fenêtre d'accès optique. Pour limiter cette pollution, on peut mettre en œuvre un écoulement gazeux le long de la fenêtre mais il est difficile d'ajuster cet écoulement pour qu'il protège la fenêtre sans qu'il ne perturbe la circulation des fluides dans l'enceinte. L'ajustement est d'autant plus difficile à réaliser que la taille de la fenêtre d'accès optique augmente.
- [0003] Il existe un besoin pour protéger plus efficacement et plus simplement la fenêtre d'accès optique des fumées de lasage sans perturber la circulation des fluides dans l'enceinte.

Exposé de l'invention

- [0004] Un but de l'invention est de proposer un dispositif et un procédé de fabrication additive pour protéger plus efficacement et plus simplement la fenêtre d'accès optique des fumées de lasage sans perturber la circulation des fluides dans l'enceinte.
- [0005] Le but est atteint dans le cadre de la présente invention grâce à un dispositif de fabrication additive comprenant :
- [0006] - une enceinte configurée pour contenir de la poudre et pour produire un écoulement gazeux d'évacuation contre la poudre,
 - [0007] - une source laser configurée pour produire un faisceau laser et exposer la poudre au faisceau laser à travers une fenêtre de l'enceinte,
 - [0008] - une buse de soufflage et une buse d'aspiration configurées pour produire un écoulement gazeux de protection dans l'enceinte contre la fenêtre.
- [0009] Un tel dispositif est avantageusement et optionnellement complété par les différentes caractéristiques suivantes prises seules ou en combinaison :
- l'écoulement gazeux d'évacuation est centré sur un plan d'évacuation

- parallèle à un plan d'étalement de la poudre distant du plan d'évacuation ;
- l'écoulement gazeux de protection est centré sur un plan de protection parallèle à la fenêtre distant du plan de protection, le plan de protection étant avantageusement séparé de la fenêtre d'une distance inférieure ou égale à 30 mm ;
- la buse de soufflage est configurée pour souffler un débit de soufflage et la buse d'aspiration est configurée pour aspirer un débit d'aspiration, le débit de soufflage étant strictement supérieur au débit d'aspiration, un rapport du débit de soufflage sur le débit d'aspiration étant avantageusement supérieur ou égal à 1,3 et inférieur ou égal à 3,0 ;
- la buse de soufflage est configurée pour souffler un débit de soufflage à une vitesse supérieure ou égale à un mètre par seconde et à une pression supérieure à une pression moyenne dans l'enceinte ;
- la buse d'aspiration est configurée pour aspirer un débit d'aspiration à une vitesse inférieure ou égale à un demi-mètre par seconde, et à une pression inférieure à une pression moyenne dans l'enceinte ;
- un système de filtration configuré pour filtrer un fluide aspiré par la buse d'aspiration et pour alimenter la buse de soufflage avec le fluide filtré ;
- la fenêtre s'étend sur une première largeur dans une direction, la buse d'aspiration et la buse de soufflage sont configurées pour produire l'écoulement de protection sur une deuxième largeur dans la direction, la deuxième largeur étant supérieure ou égale à la première largeur ;
- la buse d'aspiration et la buse de soufflage sont configurées de sorte que l'écoulement gazeux de protection présente un débit uniforme sur la deuxième largeur, une différence relative de débit entre deux points de la deuxième largeur étant inférieure ou égale à 5% ;et
- la buse d'aspiration et la buse de soufflage sont configurées de sorte que l'écoulement gazeux de protection présente un débit qui augmente à mesure que l'on s'éloigne d'un centre de la fenêtre.

[0010] L'invention porte également sur un procédé de fabrication additive comprenant les étapes suivantes :

[0011] - production d'un écoulement gazeux d'évacuation contre de la poudre contenue dans une enceinte,

[0012] - exposition de la poudre à un faisceau laser produit par une source laser le faisceau traversant une fenêtre de l'enceinte,

[0013] - production d'un écoulement gazeux de protection dans l'enceinte contre la fenêtre, l'écoulement étant produit par une buse de soufflage et une buse d'aspiration.

[0014] Un tel procédé est avantageusement et optionnellement complété par

- la buse de soufflage souffle un débit de soufflage et la buse d'aspiration aspire un débit d'aspiration, le débit de soufflage étant strictement supérieur au débit d'aspiration, un rapport du débit de soufflage sur le débit d'aspiration étant avantageusement supérieur ou égale à 1,3 et inférieur ou égal à 3,0, de manière préférée la buse de soufflage souffle le débit de soufflage à une vitesse de soufflage supérieure ou égale à un mètre par seconde, et à une pression supérieure à une pression moyenne dans l'enceinte, et de manière préférée la buse d'aspiration aspire un débit d'aspiration à une vitesse d'aspiration inférieure ou égale à un demi-mètre par seconde, et à une pression inférieure à une pression moyenne dans l'enceinte ;
- une étape de filtration d'un fluide aspiré par la buse d'aspiration, et une étape de soufflage du fluide filtré par la buse de soufflage ;
- la fenêtre s'étend sur une première largeur dans une direction, l'écoulement gazeux de protection présentant un débit uniforme sur une deuxième largeur dans la direction, la deuxième largeur étant supérieure ou égale à la première largeur, une différence relative de débit entre deux points de la troisième largeur étant inférieure ou égale à 5% ; et
- la fenêtre s'étend sur une première largeur dans une direction, l'écoulement gazeux de protection présentant un débit sur une deuxième largeur dans la direction, la deuxième largeur étant supérieure ou égale à la première largeur, le débit augmentant à mesure que l'on s'éloigne d'un centre de la fenêtre.

DESCRIPTION DES FIGURES

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative, et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[0016] [Fig.1]

[0017] [Fig.2]

[0018] les figures 1 et 2 sont des représentations schématiques d'un dispositif de fabrication additive selon un mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Dispositif de fabrication additive

[0019] En référence aux figures 1 et 2, un dispositif 20 de fabrication additive comprend une enceinte 7 configurée pour contenir de la poudre 6 de fabrication additive. L'enceinte 7 est une enceinte étanche dans laquelle un environnement gazeux est contrôlé. En particulier, l'environnement gazeux peut être composé d'un gaz inerte. De cette manière l'environnement gazeux au contact de la poudre 6 n'altère pas la poudre 6.

[0020] La poudre 6 est composée d'un matériau pulvérulent (poudre métallique, poudre de

céramique, etc...) destiné à être consolidé couche par couche, par une fusion sélective totale ou partielle. La poudre 6 peut être étalée selon un plan d'étalement 17 qui est, de manière préférée, horizontal et situé dans une partie basse de l'enceinte 7.

[0021] En référence aux figures 1 et 2, le plan horizontal correspond au plan défini par les axes x et y. La direction verticale est donnée par l'axe z qui est orienté vers le haut dans ces figures.

[0022] La fusion est réalisée avec une source de puissance qui est ici une source laser 1 configurée pour produire un faisceau laser et exposer la poudre 6 au faisceau laser à travers une fenêtre 2 de l'enceinte 7. La source laser permet de consolider sélectivement des zones de la poudre exposées au faisceau laser. La source laser 1, comprise dans le dispositif 20 de fabrication additive, se situe en dehors de l'enceinte 7 et en regard d'une fenêtre 2 située sur une des parois de l'enceinte 7. La source laser 1 peut émettre un faisceau laser 4 ou plusieurs sources laser peuvent émettre plusieurs faisceaux laser de manière simultanée.

[0023] La fenêtre 2 est transparente à la longueur d'onde du faisceau laser 4. De cette manière, pas ou peu d'énergie du faisceau laser 4 est perdue à la traversée de la fenêtre 2.

[0024] La fenêtre 2 est de manière préférée de forme rectangulaire, horizontale et située dans la partie haute de l'enceinte 7 en regard de la poudre 6.

[0025] L'enceinte 7 est configurée pour produire un écoulement gazeux 15 d'évacuation contre la poudre 6. Cet écoulement gazeux est destiné à évacuer des fumées de lasage produites lors de la fusion de la poudre. Par exemple, l'écoulement d'évacuation 15 est un flux laminaire de gaz inerte généré à l'intérieur de l'enceinte 7 contre la poudre 6. En particulier, l'écoulement d'évacuation 15 s'écoule au-dessus de la poudre 6 et présente un débit suffisamment fort pour emporter des fumées de lasage produites lors de la fusion de la poudre et suffisamment faible pour ne pas déplacer la poudre 6. L'écoulement gazeux 15 présente par exemple une épaisseur de 5 mm de haut au-dessus de la poudre à une vitesse de 1 à 2 mètres par seconde. Deux buses 13 et 14, placées à l'intérieur de l'enceinte, peuvent par exemple être utilisées pour produire l'écoulement gazeux 15.

[0026] De manière avantageuse, l'écoulement gazeux d'évacuation 15 est centré sur un plan d'évacuation P_e parallèle à un plan d'étalement 17 de la poudre. Lorsque le plan d'étalement 17 est horizontal, le plan d'évacuation P_e est également horizontal.

[0027] Le plan d'étalement 17 est distant du plan d'évacuation P_e . L'écoulement d'évacuation 15 s'étend dans une direction orthogonale au plan d'évacuation P_e de sorte que le débit maximum de l'écoulement est atteint dans le plan d'évacuation ou au moins dans une zone entourant le plan d'évacuation P_e . A mesure que l'on s'éloigne du plan d'évacuation P_e selon la direction orthogonale, le débit de l'écoulement

d'évacuation 15 diminue. La distance séparant le plan d'étalement 17 et le plan d'évacuation Pe est avantageusement inférieure ou égale à 4 millimètres. La distance peut être comprise entre 1 et 4 millimètres et plus avantageusement entre 2 et 3 millimètres.

- [0028] Le dispositif 20 de fabrication additive comprend en outre une buse de soufflage 3 et une buse d'aspiration 8 configurées pour produire un écoulement gazeux de protection 18 dans l'enceinte 7 contre la fenêtre 2.
- [0029] La buse de soufflage 3 est comprise ici comme un dispositif qui souffle un gaz comme par exemple un gaz inerte. Par exemple, la buse de soufflage 3 peut être reliée via une nourrice de soufflage 5 à un ventilateur de soufflage 10.
- [0030] La buse d'aspiration 8 est comprise ici comme un dispositif qui aspire un gaz comme par exemple un gaz inerte. Par exemple, la buse d'aspiration 8 peut être reliée via une nourrice d'aspiration 9 à un ventilateur d'aspiration 11.
- [0031] La direction principale d'écoulement gazeux de protection 18 est dirigée de la buse de soufflage 3 vers la buse d'aspiration 8. L'écoulement gazeux de protection 18 est de manière préférée un flux laminaire de gaz inerte. La buse de soufflage 3 se trouve à l'intérieur de l'enceinte d'un côté de la fenêtre, et la buse d'aspiration 8 se trouve à l'intérieur de l'enceinte de l'autre côté de la fenêtre, de sorte que les deux buses sont à l'intérieur de l'enceinte 7 et en regard l'une de l'autre.
- [0032] Entre ces deux buses, l'écoulement gazeux de protection 18 s'écoule contre la fenêtre à l'intérieur de l'enceinte 7.
- [0033] Par rapport à l'art antérieur, l'utilisation de la buse de soufflage 3 et de la buse d'aspiration 8 permet de contrôler plus facilement les caractéristiques de l'écoulement gazeux de protection, et on peut protéger plus efficacement la fenêtre des fumées de lasage. En particulier, il est possible de produire un écoulement gazeux laminaire capable de protéger des fenêtres de taille plus importante que dans l'art antérieur. Il est aussi possible de protéger la fenêtre avec un flux d'un débit inférieur à un débit de perturbation. Le débit de perturbation est un débit à partir duquel l'écoulement de protection perturbe la circulation des gaz dans l'environnement gazeux de l'enceinte 7, comme par exemple la diffusion des fumées de lasage dans l'enceinte 7 ou l'écoulement d'évacuation 15 qui s'écoule contre la poudre 6.
- [0034] De manière avantageuse, l'écoulement gazeux de protection 18 est centré sur un plan de protection Pp parallèle à la fenêtre 2. Lorsque la fenêtre 2 est horizontale, le plan de protection Pp est également horizontal, la buse de soufflage 3 et la buse d'aspiration 8 sont séparées par une distance horizontale, par exemple selon l'axe x.
- [0035] La fenêtre 2 est séparée du plan de protection Pp. L'écoulement de protection 18 s'étend dans une direction orthogonale au plan de protection Pp de sorte que le débit maximum de l'écoulement est atteint dans le plan de protection Pp ou au moins dans

une zone entourant le plan de protection Pp. A mesure que l'on s'éloigne du plan de protection Pp selon la direction orthogonale, le débit de l'écoulement de protection Pp diminue. La distance séparant le plan de protection Pp et la fenêtre 2 est avantageusement inférieure ou égale à 30 millimètres. La distance peut être comprise entre 5 et 25 millimètres et plus avantageusement entre 7 et 15 millimètres. Plus on choisit de placer les buses 3, 8 proches de la fenêtre 2, et plus il est facile d'obtenir un flux laminaire de l'écoulement de protection 18 : des débits de l'écoulement de protection plus faibles permettent d'obtenir un flux laminaire de l'écoulement de protection 18. On peut ainsi protéger la fenêtre des fumées de lasage avec des débits encore plus éloignés du débit de perturbation.

- [0036] La buse de soufflage 3 est configurée pour souffler un débit de soufflage ds et la buse d'aspiration 8 est configurée pour aspirer un débit d'aspiration da . Le débit de soufflage ds est avantageusement choisi strictement supérieur au débit d'aspiration da . Cela permet d'éviter que la buse d'aspiration n'aspire des fumées de lasage issues du procédé de fusion laser. Dans cette situation, seule une partie du flux soufflé par la buse de soufflage est aspirée par la buse d'aspiration. Une partie du flux soufflé s'écarte de la zone et notamment de la fenêtre. Il y a donc une composante de l'écoulement de protection 18 qui repousse les fumées de lasage plus loin de la fenêtre.
- [0037] Un autre système de circulation de fluide dans l'enceinte 7 peut aspirer de l'air dans l'enceinte de sorte que la partie du flux soufflé par la buse de soufflage qui n'est pas aspirée par la buse d'aspiration ne perturbe pas la pression moyenne à l'intérieur de l'enceinte et plus généralement la circulation des gaz dans l'enceinte.
- [0038] Lorsque le débit de soufflage ds est choisi supérieur au débit d'aspiration da , on choisit un rapport ds/da du débit de soufflage sur le débit d'aspiration avantageusement supérieur ou égal à 1,3 et inférieur ou égal à 3,0. Le rapport peut notamment être ajusté en fonction de la géométrie de la fenêtre et de la longueur séparant la buse de soufflage 3 et la buse d'aspiration 8 : si cette longueur augmente, on peut choisir un rapport ds/da plus faible.
- [0039] En option concernant la buse de soufflage, le fluide soufflé par la buse de soufflage peut être soufflé à une vitesse de soufflage supérieure ou égale à un mètre par seconde et à une pression supérieure à une pression moyenne dans l'enceinte. A cet effet, la buse de soufflage 3 peut être connectée à la nourrice 5 de soufflage dont la pression est supérieure à la pression régnant dans l'enceinte 7 et permettant la vitesse de soufflage supérieure ou égale à 1 m/s.
- [0040] En option concernant la buse d'aspiration, le fluide aspiré par la buse d'aspiration peut être aspiré à une vitesse d'aspiration inférieure ou égale à un demi-mètre par seconde et à une pression inférieure à une pression moyenne dans l'enceinte. A cet effet, la buse d'aspiration 8 peut être connectée à la nourrice 9 d'aspiration dont la

pression est inférieure à la pression régnant dans l'enceinte 7 et permettant la vitesse d'aspiration inférieure ou égale à 0,5 m/s.

[0041] Dans un mode de réalisation, le dispositif 20 comprend un système de filtration 12. Le système de filtration 12 est configuré pour filtrer le fluide aspiré par la buse d'aspiration et pour alimenter la buse de soufflage avec le fluide filtré. Autrement dit, le système de filtration 12 permet de réaliser une boucle de circulation du gaz de l'écoulement de protection 18. Le gaz aspiré par la buse d'aspiration 8 est, une fois filtré, remis en circulation vers la buse de soufflage 3 qui le resouffle contre la fenêtre 2.

[0042] Pour réaliser ce mode de réalisation, on peut utiliser :

- le ventilateur de soufflage 10 qui, comme présenté précédemment, est connecté fluidiquement à la buse de soufflage 3 via la nourrice de soufflage 5 et
- le ventilateur d'aspiration 11 qui, comme présenté précédemment, est connecté fluidiquement à la buse d'aspiration 8 via la nourrice d'aspiration 9.

[0043] On peut dans ce cas connecter fluidiquement le ventilateur de soufflage 10 à une sortie du système de filtration 12 et le ventilateur d'aspiration 11 à une entrée du système de filtration 12.

[0044] Un ventilateur principal 21 peut également être ajouté afin d'assurer un débit minimum dans la boucle de circulation du gaz de l'écoulement de protection 18. Par exemple, le ventilateur principal est connecté fluidiquement à la sortie du système de filtration 12.

[0045] Selon une configuration illustrée en [Fig.1], le système de filtration 12 peut également être configuré pour filtrer le fluide de l'écoulement gazeux 15 d'évacuation qui s'écoule contre la poudre 6. A cette fin, les deux buses 13 et 14 qui produisent l'écoulement gazeux 15 d'évacuation sont alors reliées fluidiquement au système de filtration 12. L'une des buses 13 et 14 est reliée fluidiquement à l'entrée du système de filtration 12, et l'autre des buses 13 et 14 est reliée fluidiquement à la sortie du système de filtration 12. Si le système comprend un ventilateur principal 21 connecté fluidiquement à la sortie du système de filtration 12, la sortie du ventilateur principal 21 peut être connectée fluidiquement d'une part à la buse de soufflage 3 via la nourrice de soufflage et d'autre part à l'une des buses 13 et 14 qui produisent l'écoulement gazeux 15 d'évacuation.

[0046] La fenêtre 2 peut s'étendre sur une première largeur dans une direction, la buse d'aspiration et la buse de soufflage sont configurées pour produire un écoulement de protection sur une deuxième largeur dans la direction, la deuxième largeur étant supérieure ou égale à la première largeur.

[0047] La direction mentionnée ci-avant peut être qualifiée de direction transverse, c'est à

dire orthogonale à la direction principale de l'écoulement de protection. La direction principale d'écoulement est la direction selon laquelle la buse de soufflage 3 et la buse d'aspiration 8 sont en regard l'une de l'autre.

- [0048] De manière préférée, la fenêtre 2 est rectangulaire et la direction transverse et la direction principale d'écoulement correspondent aux directions des côtés du rectangle formé par la fenêtre.
- [0049] Lorsque la fenêtre 2 est horizontale, la direction transverse est une direction horizontale. Si la buse de soufflage 3 et la buse d'aspiration 8 sont séparées par une distance horizontale selon l'axe x, alors la direction transverse est parallèle à l'axe y, comme représenté en [Fig.2].
- [0050] Pour que la deuxième largeur selon la direction soit supérieure ou égale à la première largeur, on peut par exemple choisir une buse d'aspiration et une buse de soufflage qui s'étendent dans la direction transverse selon une troisième largeur supérieure à la première largeur de la fenêtre.
- [0051] Dans une première variante, le débit de l'écoulement gazeux de protection est uniforme sur la deuxième largeur. Autrement dit, lorsque l'on choisit un segment dirigé selon la direction transverse qui traverse l'écoulement gazeux de protection, le débit en chaque point de ce segment reste constant ou sensiblement constant. On entend ici par constant ou sensiblement constant une différence relative de débit entre deux points de la deuxième largeur inférieure ou égale à 5%.
- [0052] Dans une deuxième variante, le débit de l'écoulement gazeux de protection est variable sur la deuxième largeur et plus précisément le débit augmente à mesure que l'on s'éloigne d'un centre de la fenêtre. Autrement dit, lorsque l'on choisit un segment dirigé selon la direction transverse qui traverse l'écoulement gazeux de protection, le débit en chaque point de ce segment varie le long du segment. Le débit est minimum en un point central du segment qui correspond au centre de la fenêtre. Le débit augmente de part et d'autre de ce point central. On entend ici par centre de la fenêtre, une direction centrale de la fenêtre orientée selon la direction principale d'écoulement et orthogonale à la direction transverse. La direction centrale passe par le centre de la fenêtre. Par exemple, et en rapport avec la [Fig.2], lorsque la fenêtre 2 est rectangulaire, la direction centrale Dc passe par le centre du rectangle et est parallèle à deux des côtés du rectangle : c'est l'un des axes de symétrie du rectangle.

Procédé de fabrication additive

- [0053] Un dispositif de fabrication additive 20 comme on vient de le présenter permet de mettre en œuvre un procédé de fabrication additive comprenant les étapes suivantes.
- [0054] Au cours d'une première étape, on produit un écoulement gazeux d'évacuation 15 contre la poudre 6 contenue dans l'enceinte 7. Cet écoulement est destiné à évacuer les fumées de lasage produites lors de la fusion de la poudre 6.

- [0055] Au cours d'une deuxième étape, on expose la poudre 6 à un faisceau laser produit par la source laser 1 à travers la fenêtre 2 de l'enceinte 7. Cette étape permet d'apporter à la poudre 6 l'énergie suffisante pour en provoquer la consolidation. Des fumées de lasage peuvent être émises par la poudre 6 et celles-ci sont alors emportées par l'écoulement gazeux d'évacuation 15. L'écoulement d'évacuation 15 ne permet toutefois pas de retirer hors de l'enceinte toutes les fumées de lasage.
- [0056] Au cours d'une troisième étape, on produit un écoulement gazeux de protection 18 dans l'enceinte 7 contre la fenêtre 2, l'écoulement étant produit par la buse de soufflage 3 et la buse d'aspiration 8. L'écoulement de protection 18 s'écoule contre la fenêtre 2 et permet de tenir à distance de la fenêtre 2 les fumées de lasage qui ne seraient pas retirées de l'enceinte par l'écoulement gazeux de protection.
- [0057] Les termes de première étape, deuxième étape et troisième étape sont utilisés ici pour décrire des actions réalisées au cours du procédé, mais sans se limiter à un ordre chronologique particulier entre elles. En particulier ces étapes peuvent être réalisées en même temps.
- [0058] En option, la buse de soufflage 3 souffle un débit de soufflage ds et la buse d'aspiration 8 aspire un débit d'aspiration da , le débit de soufflage étant strictement supérieur au débit d'aspiration.
- [0059] Un rapport ds/da du débit de soufflage sur le débit d'aspiration peut être avantageusement choisi supérieur ou égale à 1,3 et inférieur ou égal à 3,0.
- [0060] De manière préférée la buse de soufflage 3 souffle le débit de soufflage à une vitesse de soufflage supérieure ou égale à un mètre par seconde, et à une pression supérieure à une pression moyenne dans l'enceinte.
- [0061] De manière préférée la buse d'aspiration 8 aspire un débit d'aspiration à une vitesse d'aspiration inférieure ou égale à un demi-mètre par seconde, et à une pression inférieure à une pression moyenne dans l'enceinte.
- [0062] Dans un mode de réalisation, le procédé comprend une étape de filtration d'un fluide aspiré par la buse d'aspiration 8, et une étape de soufflage du fluide filtré par la buse de soufflage 3. Le dispositif 20 comprend alors le système de filtration 12 tel que décrit précédemment.
- [0063] Dans une première variante, telle que décrite précédemment, la fenêtre 2 s'étend sur une première largeur dans une direction, l'écoulement gazeux présentant un débit uniforme sur une deuxième largeur dans la direction, la deuxième largeur étant supérieure ou égale à la première largeur, une différence relative de débit entre deux points de la troisième largeur étant inférieure ou égale à 5%.
- [0064] Dans une deuxième variante, telle que décrite précédemment, la fenêtre s'étend sur une première largeur dans une direction, l'écoulement gazeux présentant un débit sur une deuxième largeur dans la direction, la deuxième largeur étant supérieure ou égale à

la première largeur, le débit augmentant à mesure que l'on s'éloigne d'un centre de la fenêtre.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif (20) de fabrication additive comprenant :
- une enceinte (7) configurée pour contenir de la poudre (6) et pour produire un écoulement gazeux d'évacuation (15) contre la poudre (6),
 - une source laser (1) configurée pour produire un faisceau laser et exposer la poudre (6) au faisceau laser à travers une fenêtre (2) de l'enceinte (7),
 - une buse de soufflage (3) et une buse d'aspiration (8) configurées pour produire un écoulement gazeux de protection (18) dans l'enceinte (7) contre la fenêtre (2),
- la buse de soufflage (3) étant configurée pour souffler un débit de soufflage et la buse d'aspiration (8) est configurée pour aspirer un débit d'aspiration, le débit de soufflage étant strictement supérieur au débit d'aspiration.
- [Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1 dans lequel l'écoulement gazeux d'évacuation (15) est centré sur un plan d'évacuation parallèle à un plan d'étalement (17) de la poudre (6) distant du plan d'évacuation (Pe).
- [Revendication 3] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 2 dans lequel l'écoulement gazeux de protection (18) est centré sur un plan de protection (Pp) parallèle à la fenêtre (2) distant du plan de protection (Pp), le plan de protection (Pp) étant avantageusement séparé de la fenêtre (2) d'une distance inférieure ou égale à 30 mm.
- [Revendication 4] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel un rapport du débit de soufflage sur le débit d'aspiration est supérieur ou égal à 1,3 et inférieur ou égal à 3,0.
- [Revendication 5] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel la buse de soufflage (3) est configurée pour souffler un débit de soufflage
- à une vitesse supérieure ou égale à un mètre par seconde et,
 - à une pression supérieure à une pression moyenne dans l'enceinte (7).
- [Revendication 6] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel la buse d'aspiration (8) est configurée pour aspirer un débit d'aspiration
- à une vitesse inférieure ou égale à un demi-mètre par seconde, et
 - à une pression inférieure à une pression moyenne dans l'enceinte (7).
- [Revendication 7] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 comprenant un système de filtration (12) configuré pour filtrer un fluide aspiré par la buse d'aspiration (8) et pour alimenter la buse de soufflage (3) avec le fluide filtré.

- [Revendication 8] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 dans lequel la fenêtre (2) s'étend sur une première largeur dans une direction (y), la buse d'aspiration (3) et la buse de soufflage (8) sont configurées pour produire l'écoulement de protection (18) sur une deuxième largeur dans la direction (y), la deuxième largeur étant supérieure ou égale à la première largeur.
- [Revendication 9] Dispositif selon la revendication 8 dans lequel la buse d'aspiration (3) et la buse de soufflage (8) sont configurées de sorte que l'écoulement gazeux de protection (18) présente un débit uniforme sur la deuxième largeur, une différence relative de débit entre deux points de la deuxième largeur étant inférieure ou égale à 5%.
- [Revendication 10] Dispositif selon la revendication 8 dans lequel la buse d'aspiration (3) et la buse de soufflage (8) sont configurées de sorte que l'écoulement gazeux de protection (18) présente un débit qui augmente à mesure que l'on s'éloigne d'un centre de la fenêtre (2).
- [Revendication 11] Procédé de fabrication additive comprenant les étapes suivantes :
 - production d'un écoulement gazeux d'évacuation (15) contre de la poudre (6) contenue dans une enceinte (7),
 - exposition de la poudre (6) à un faisceau laser produit par une source laser (1) le faisceau traversant une fenêtre (2) de l'enceinte (7),
 - production d'un écoulement gazeux de protection (18) dans l'enceinte (7) contre la fenêtre (2), l'écoulement étant produit par une buse de soufflage (3) et une buse d'aspiration (8), la buse de soufflage (3) soufflant un débit de soufflage et la buse d'aspiration (8) aspirant un débit d'aspiration, le débit de soufflage étant strictement supérieur au débit d'aspiration.
- [Revendication 12] Procédé selon la revendication 11 dans lequel un rapport du débit de soufflage sur le débit d'aspiration est supérieur ou égale à 1,3 et inférieur ou égal à 3,0, de manière préférée la buse de soufflage (3) souffle le débit de soufflage à une vitesse de soufflage supérieure ou égale à un mètre par seconde, et à une pression supérieure à une pression moyenne dans l'enceinte (7), et de manière préférée la buse d'aspiration (8) aspire un débit d'aspiration à une vitesse d'aspiration inférieure ou égale à un demi-mètre par seconde, et à une pression inférieure à une pression moyenne dans l'enceinte (7).
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 12 comprenant une étape de filtration d'un fluide aspiré par la buse d'aspiration (8), et une étape de soufflage du fluide filtré par la buse de soufflage (3).

- [Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13 dans lequel la fenêtre (2) s'étend sur une première largeur dans une direction (y), l'écoulement gazeux de protection (18) présentant un débit uniforme sur une deuxième largeur dans la direction (y), la deuxième largeur étant supérieure ou égale à la première largeur, une différence relative de débit entre deux points de la troisième largeur étant inférieure ou égale à 5%.
- [Revendication 15] Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13 dans lequel la fenêtre (2) s'étend sur une première largeur dans une direction (y), l'écoulement gazeux de protection (18) présentant un débit sur une deuxième largeur dans la direction (y), la deuxième largeur étant supérieure ou égale à la première largeur, le débit augmentant à mesure que l'on s'éloigne d'un centre de la fenêtre (2).

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

WO 2022/233860 A1 (SLM SOLUTIONS GROUP AG
[DE]) 10 novembre 2022 (2022-11-10)

US 2020/061655 A1 (WAKELAM CHRISTIAN
THOMAS [DE] ET AL)
27 février 2020 (2020-02-27)

US 2018/244034 A1 (SUTCLIFFE CHRISTOPHER
JOHN [GB] ET AL) 30 août 2018 (2018-08-30)

WO 2017/055207 A1 (RENISHAW PLC [GB])
6 avril 2017 (2017-04-06)

US 2022/009001 A1 (SCHILLING ALEXANDER
[DE] ET AL) 13 janvier 2022 (2022-01-13)

US 2021/170494 A1 (MAMRAK JUSTIN [US] ET
AL) 10 juin 2021 (2021-06-10)

US 2012/251378 A1 (ABE SATOSHI [JP] ET AL)
4 octobre 2012 (2012-10-04)

WO 2007/010598 A1 (HOMS ENGINEERING INC
[JP]; SHIMODAIRA KENICHI [JP] ET AL.)
25 janvier 2007 (2007-01-25)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT