(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 272 433 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
24.01.2018 Bulletin 2018/04

(51) Int Cl.:
B08B 7/00 *(2006.01)* ***B08B 15/02*** *(2006.01)*
G21F 9/00 *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **17182099.6**

(22) Date de dépôt: **19.07.2017**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

(30) Priorité: **19.07.2016 FR 1656863**

(71) Demandeur: **Soletanche Freyssinet**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(72) Inventeur: **SARRAF, Riad**
50460 QUERQUEVILLE (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Plasseraud**
66, rue de la Chaussée d'Antin
75440 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **DISPOSITIF DE DECONTAMINATION DE PIECES PAR PLASMA**

(57) Le dispositif de décontamination comprend une enceinte (22) ayant au moins un accès (24) pour introduire une pièce (25) dans l'enceinte et l'en retirer. Une source de plasma froid (28) est placée dans l'enceinte. Le plasma froid produit par la source est amené à pression atmosphérique sur une pièce logée à l'intérieur de l'enceinte. Un système d'évacuation extrait hors de l'enceinte les contaminants enlevés par l'action du plasma froid.

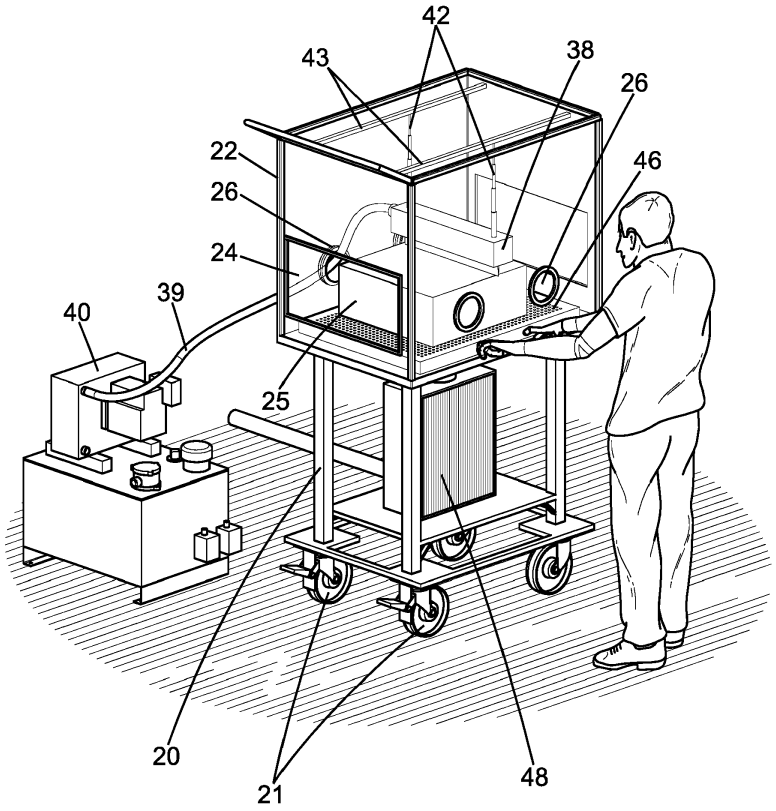


FIG. 3

EP 3 272 433 A1

Description

[0001] La présente invention concerne la décontamination de matériaux métalliques ou polymères, organiques ou minéraux, en particulier lorsque ces matériaux sont contaminés par des particules radioactives.

ARRIERE-PLAN

[0002] Le renouvellement des réacteurs nucléaires comporte des phases d'arrêt de tranche dans lesquelles le combustible usé est remplacé par un nouveau combustible. Le combustible usé est recyclé afin de récupérer les matières valorisables qu'il contient. Durant la maintenance et le démantèlement, des déchets radioactifs sont produits et contaminent les matériaux environnants, par exemple les cuves, les tuyauteries, les gaines électriques et autres petites pièces.

[0003] La contamination labile est déposée sur les matériaux. Lorsqu'elle est ancrée dans la matière, on parle de contamination fixée.

[0004] Pour décontaminer de tels matériaux et faciliter leur prise en charge en stockage/entreposage, on a recours à plusieurs technologies, mettant en oeuvre par exemple des gels, des frottis, des jets d'eau à haute pression ou une projection de mousse. Ces procédés consistent à agir sur la surface du matériau à traiter pour permettre une décontamination mécanique ou chimique. Cependant, ils ne fonctionnent pas sur un certain nombre de matériaux que l'on rencontre dans les installations nucléaires. De plus, les procédés à projection d'eau ou de mousses génèrent des effluents liquides et donc des quantités importantes de déchets à retraiter.

[0005] Pour pallier ces inconvénients, de nouvelles techniques de décontamination ont été développées comme l'utilisation de plasma. Le plasma, quatrième état de la matière, correspond à un gaz surchauffé. Il existe deux familles de plasmas selon la température des ions présents dans le gaz surchauffé et la température des particules lourdes surchauffées (atomes et molécules) : le plasma chaud et le plasma froid

[0006] Lors de la formation d'un plasma « chaud », ces températures sont les mêmes et avoisinent les 10 000 °K.

[0007] En revanche, les températures ne sont pas les mêmes dans un plasma « froid ». En effet, alors la température des ions se situe entre 10 000 °K et 100 000 °K, celle des particules lourdes est typiquement comprise entre 300 °K et 1000°K. Les températures des ions et des particules lourdes étant fort différentes, les applications du plasma froid et celles du plasma chaud ne sont pas identiques. Le plasma chaud est beaucoup utilisé pour découper des matériaux, tandis que le plasma froid a des applications principales dans :

- le revêtement de surface. Grâce au plasma froid, le matériau traité acquiert des propriétés de surface supplémentaires comme la conductivité électrique, la résistance chimique à un produit ou encore la résistance à la corrosion, sans modifier les propriétés initiales, mécaniques ou autres, du matériau ;

- le traitement de surface. Le plasma froid permet de supprimer des particules contaminantes à la surface d'un matériau. Celles-ci peuvent être de différentes natures : huiles, poussières, agents chimiques ou biologiques, graisses, ... Le traitement peut être adapté selon le gaz plasmagène utilisé, par exemple pour effectuer :

  - un dégraissage de surface (métallique essentiellement) l'aide d'un plasma oxydant riche en oxygène (O_2, H_2O);
  - un nettoyage de surface d'un polymère avec des gaz plasmagènes oxydants (O_2, H_2O, N_2/O_2) ou fluorés (CF_4, SF_6, ...) ;
  - un décapage de surface métallique à l'aide d'un gaz plasmagène à base d'argon possédant un fort pouvoir mécanique.

[0008] FR 2 839 664 A1 décrit un procédé dans lequel une pièce à nettoyer est placée dans une enceinte remplie d'argon et d'oxygène sous une pression de l'ordre du millibar et reliée à un générateur radiofréquence pour former un plasma autour de la pièce.

[0009] FR 2 631 258 A1 décrit un procédé de nettoyage en surface d'objets en acier inoxydable, en céramique, en porcelaine ou en verre, pouvant provenir d'installations nucléaires, à l'aide d'un plasma froid différé pour dégrader les matières polluantes du type huiles, graisses et matières organiques à la surface de l'objet. Le plasma différé est obtenu par expansion d'un plasma froid, par exemple à base d'argon, de dioxygène, de diazote ou d'air avec ajout de composé fluorés ou chlorés, en dehors de la zone de décharge. Dans la zone de post-décharge où sont placés les objets à nettoyer, la pression est de quelques millibars. La post-décharge implique la disparition des électrons et des ions, qui permettent un traitement mécanique de la surface. Seul le traitement chimique est produit par les atomes et molécules.

[0010] Un exemple de source de plasma froid concernant le domaine médical est présenté dans WO 2013/040454 A1.

[0011] La thèse soutenue en 2005 par C. Tendero à l'Université de Limoges et intitulée « Torche plasma micro-onde à la pression atmosphérique : application au traitement de surfaces métalliques » (http://epublications.unilim.fr/theses/2005/tendero-claire/tendero-claire.pdf) présente une revue bibliographique de sources plasma à la pression atmosphérique et l'application d'une torche plasma micro-onde à la préparation de surfaces métalliques utilisées dans l'aéronautique.

[0012] Un but de la présente invention est de proposer un dispositif apte à décontaminer des pièces variées, souillées notamment par une contamination radioactive,

dans des conditions relativement industrielles, avec une complexité réduite, un processus bien maîtrisé, y compris en termes de gestion des déchets, et une commodité de mise en oeuvre pour la décontamination d'une série de pièces.

RESUME

[0013] Il est proposé un dispositif de décontamination de pièces, comprenant :

une enceinte ayant au moins un premier accès pour introduire une pièce dans l'enceinte et l'en retirer ;

au moins une source de plasma froid, le plasma froid produit par la source étant amené à pression atmosphérique sur une pièce logée à l'intérieur de l'enceinte ; et

un système d'évacuation de contaminants hors de l'enceinte.

[0014] Les plasmas froids à pression atmosphérique se montrent performants pour la décontamination de pièces utilisées ou récupérées lors de la maintenance ou le démantèlement d'installations nucléaires. La mise en oeuvre du procédé de décontamination est largement facilitée par le fait que le plasma est appliqué à pression atmosphérique. Le plasma froid à pression atmosphérique permet le traitement de nombreux types de matériaux : en métal, minéraux en polymère ou recouverts d'une surface graisseuse ou de peintures, en remédiant à la problématique de mise sous vide qu'occasionne l'utilisation d'un plasma froid différé. Il permet d'utiliser plusieurs types de gaz comme par exemple le dioxygène, l'azote ou l'argon

[0015] Le dispositif peut rester relativement compact pour traiter une variété de pièces. Il peut être aisément transportable d'un site à un autre ou d'un lieu à un autre sur un même site.

[0016] Une décontamination effectuée dans ce dispositif ne produit pas d'effluents liquides. Les déchets produits peuvent se limiter au(x) filtre(s) à très haute efficacité (THE) utilisé(s) dans le système d'évacuation des contaminants.

[0017] L'enceinte peut comporter au moins un second accès permettant à un opérateur d'intervenir manuellement dans l'enceinte pour manipuler la pièce et/ou la source de plasma froid.

[0018] Dans une réalisation du dispositif, la source de plasma froid inclut au moins une tête de projection de plasma montée sur des glissières en partie supérieure de l'enceinte de façon à être déplaçable par rapport à la pièce.

[0019] La source de plasma froid peut notamment inclure une tête de projection de plasma en forme de rideau ayant une longueur de 60 à 500 mm.

[0020] Une autre possibilité est que la source de plasma froid inclue une tête de projection de plasma en forme de spot ayant un diamètre de 5 à 20 mm. Une telle tête de projection peut être manipulée manuellement par l'opérateur et il peut être prévu un compartiment dans l'enceinte pour recevoir cette tête lorsque l'opérateur ne la manipule pas.

[0021] Dans une réalisation, le système d'évacuation de contaminants comprend une hotte aspirant l'air en partie supérieure de l'enceinte. En variante, ou en complément, lorsqu'une grille est disposée dans l'enceinte pour poser les pièces à décontaminer, le système d'évacuation de contaminants peut être agencé pour capter en partie inférieure de l'enceinte des particules arrachées des pièces par l'action du plasma froid.

[0022] Une autre tête de projection de plasma froid à pression atmosphérique que peut inclure la source de plasma froid est une torche comprenant une électrode cylindrique à disposer autour d'une pièce à décontaminer ayant une partie au moins de forme tubulaire et une électrode centrale placée dans l'axe de l'électrode cylindrique et de la partie de forme tubulaire, l'électrode cylindrique et l'électrode centrale étant couplées à un générateur radiofréquence pulsé pour générer un plasma à l'intérieur de la partie de forme tubulaire.

[0023] La source de plasma froid peut inclure plusieurs têtes de projection de plasma, utilisées par l'opérateur en fonction du type de pièces à décontaminer, notamment au moins deux têtes parmi :

- une buse produisant un plasma en forme de rideau ayant une longueur de 60 à 500 mm ;
- une buse produisant un plasma en forme de spot ayant un diamètre de 5 à 20 mm ; et
- une torche comprenant une électrode cylindrique à disposer autour d'une pièce à décontaminer ayant une partie au moins de forme tubulaire et une électrode centrale placée dans l'axe de l'électrode cylindrique et de la partie de forme tubulaire, l'électrode cylindrique et l'électrode centrale étant couplées à un générateur radiofréquence pulsé pour générer un plasma à l'intérieur de la partie de forme tubulaire.

[0024] Le plasma froid peut être alimenté en gaz plasmagène comprenant de l'air enrichi en oxygène, notamment pour le traitement de matériaux polymère et le dégraissage de surfaces de matières plastiques, ou en argon, notamment pour le décapage des surfaces métalliques.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0025] D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'exemples de réalisation non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma illustrant un type de source plasma utilisable dans un dispositif de décontamination selon l'invention ;

- les figures 2 et 3 sont des schémas d'exemples de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

DESCRIPTION DE MODES DE REALISATION

[0026] Les dispositifs de décontamination décrits ci-après conviennent pour enlever des particules radioactives en surface de matériaux tels que des briques, des plaques, des gaines électriques, des tubes et des pièces de formes plus ou moins complexes en polymère, en métal, ou pour traiter de tels matériaux recouverts de matières graisseuses ou de peintures.

[0027] Afin de former un plasma froid à pression atmosphérique, deux électrodes sont reliées électriquement à un générateur de puissance. Le gaz plasmagène est injecté au niveau de ces électrodes. L'énergie fournie par les électrodes provoque la transformation du gaz en plasma. Le choix du générateur de puissance est important car la fréquence du courant modifie le comportement des électrons et des ions. Il existe trois types de décharge suivant la fréquence *f* du courant :

- décharges à basse fréquence (*f* de 1 kHz à 1 MHz) ;

- décharges radiofréquence (*f* de 1 MHz à 1GHz) ;

- décharges à micro-ondes (*f* supérieure à 1 GHz).

[0028] Cette différence de fréquence implique une différence dans la création du plasma qui le rend plus ou moins stable. Plus la fréquence est élevée, plus les ions et les électrons sont perturbés et tendent à s'écarter du champ électrique. Il est donc recommandé de travailler à relativement basse fréquence pour un plasma stable. Parmi les différentes techniques à basse fréquence, la décharge à barrière électrique est la plus intéressante. Elle permet la production d'un plasma stable grâce à une couche diélectrique permettant un traitement homogène de toute la surface.

[0029] Des exemples de sources plasma à pression atmosphérique mettant en oeuvre une décharge à basse fréquence à barrière électrique, font l'objet des technologies ULD, ou « rideau plasma », et ULS, ou « stylo plasma », développées par la société AcXys. L'ULD (http://www.acxys.com/products/plasma-modules/uld-plasma-curtain.html) est une source plasma permettant via une buse de créer une fente de plasma froid de quelques millimètres d'épaisseur et pouvant avoir une longueur de 60 à 500 mm à une distance de 5 à 60 mm de la surface à traiter, avec une puissance de 80 à 150 watts par cm. L'ULS (http://www.acxys.com/products/plasma-modules/uls-plasma-spot.html) est une sorte de stylo qui être peut tenu manuellement et permet un traitement de précision sur un spot circulaire ayant un diamètre de 5 à 20 mm à une distance de 5 à 40 mm entre l'outil et la surface à traiter, avec une puissance de 700 à 1100 watts.

[0030] Un autre exemple de source plasma utilisable dans des modes de réalisation de l'invention est une torche 8 dont un schéma de principe est représenté sur la figure 1.

[0031] Cette torche 8 convient pour traiter une pièce telle qu'un tube ou une bouteille, qui possède au moins une partie de forme tubulaire, fermée axialement ou non. La torche 8 comporte deux électrodes concentriques, à savoir une électrode centrale d'amorçage 10 et une électrode périphérique de forme générale cylindrique 12, l'électrode centrale 10 étant positionnée sur l'axe de l'électrode cylindrique 12. Un écran métallique 14 de forme cylindrique, par exemple en acier inoxydable, peut être placé de manière concentrique avec l'électrode périphérique 12. Un matériau diélectrique 15 est placé entre l'électrode périphérique 12 et l'écran 14. La pièce à décontaminer est placée dans la cavité 16 située à l'intérieur de l'écran 14. Le gaz plasmagène est injecté dans la partie tubulaire creuse de la pièce. Un générateur radiofréquence (RF) pulsé 18 est couplé à l'électrode centrale 10 et à l'électrode périphérique 12, qui est par exemple à la terre, pour provoquer la décharge dans la cavité 16 et produire ainsi le plasma froid, qui vient traiter la paroi interne de la pièce à décontaminer.

[0032] Un dispositif selon l'invention vise à décontaminer à l'aide du plasma froid à pression atmosphérique un grand nombre de types de matériaux : en métal, minéraux en polymère ou recouverts d'une surface graisseuse ou de peintures.

[0033] Des exemples de tels dispositifs sont schématisés sur les figures 2 et 3.

[0034] Dans ces exemples, le dispositif est transportable, et comporte par exemple un châssis 20 monté sur des roues 21. Un opérateur peut ainsi déplacer le dispositif dans une zone ou un local où se trouvent des pièces à décontaminer. Le châssis peut être réglable en hauteur pour être adapté à la taille de l'opérateur.

[0035] Le châssis 20 supporte une enceinte 22 constituant un espace de confinement et de traitement des pièces à décontaminer. L'enceinte 22 comporte une ou plusieurs trappes 24 procurant un accès pour introduire une pièce à traiter 25 dans l'enceinte ou l'en retirer après traitement. Les parois de l'enceinte 22 sont au moins en partie transparentes. Elles comportent d'autres accès 26 notamment pour permettre à l'opérateur de passer ses mains à l'intérieur de l'enceinte pour y manipuler la pièce à décontaminer 25 ou une tête de projection de plasma froid 28, 38, ou les deux.

[0036] Dans l'exemple représenté sur la figure 2, la tête de projection de plasma froid est une buse 28 d'une source de type ULS. La buse 28, ou « stylo plasma », est raccordée à un flexible 29 par lequel elle est alimentée en gaz plasmagène et en puissance RF depuis un générateur 30 situé en dehors de l'enceinte 22. La buse ULS 26 est manipulée par l'opérateur à l'intérieur de l'en-

ceinte pour décontaminer la surface de la pièce 25. Lorsque l'opérateur ne se sert pas de la buse 28, il peut la placer dans un compartiment 31 prévu à cet effet à l'intérieur de l'enceinte 22.

[0037] Dans l'exemple de la figure 2, l'opérateur tient la buse 28 manuellement pour appliquer le jet de plasma sur la surface de la pièce 25, et déplacer le spot plasma pour balayer la surface. Une autre possibilité est d'installer la buse 28 sur un support fixe ou mobile à l'intérieur de l'enceinte 22. L'opérateur peut également déplacer la pièce 25 dans l'enceinte 22 pour que les différents points à décontaminer sur sa surface rencontrent le spot plasma.

[0038] La taille des pièces 25 est limitée pour que l'opérateur puisse déplacer et retourner la pièce facilement mais également pour ne pas avoir une enceinte trop grande. À titre d'exemple, les dimensions de l'enceinte peuvent être 500 mm x 500 mm x 200 mm. Le dispositif peut donc être relativement compact et aisément transportable sur les sites. Il permet un traitement rapide de tous types de pièces, et possède un très bon rendement.

[0039] Bien entendu, comme le dispositif permet la décontamination de particules radioactives, la dosimétrie de l'opérateur doit être surveillée attentivement.

[0040] Le dispositif comporte en outre un système d'évacuation des contaminants hors de l'enceinte 22, pour procéder à l'extraction et au captage de la contamination extraite. L'extraction d'air est effectuée à travers la partie supérieure de l'enceinte 2, via un conduit de hotte 35 muni d'un filtre THE pour capter les particules radioactives aspirées.

[0041] Si nécessaire, le dispositif utilisant le stylo plasma 28 peut être automatisé pour augmenter encore le rendement et/ou protéger davantage l'opérateur. En particulier, le stylo plasma 28 peut être fixé sur la partie supérieure de l'enceinte, avec un rail de guidage permettant de déplacer le stylo plasma pour balayer une surface donnée. La taille des pièces n'étant pas toujours la même, un réglage de la hauteur du stylo peut intervenir avant de commencer la décontamination d'une pièce 25. Si le rail de guidage est fixé en partie supérieure de l'enceinte, le système d'évacuation des particules radioactives peut se raccorder au fond de l'enceinte 22 pour capter les particules à travers la grille de support sur laquelle les pièces à traiter sont posées à l'intérieur de l'enceinte 22. Ce type d'extraction est avantageux car il évite une remise en suspension des particules dans l'enceinte 2. De plus, le stylo plasma 28 aura moins de risque d'être contaminé puisse que les particules radioactives sur la surface des pièces ne sont pas aspirées vers le stylo mais en sens inverse.

[0042] Dans la configuration représentée sur la figure 3, un rideau plasma est utilisé pour traiter les pièces, ce qui permet un traitement plus rapide qu'avec le stylo plasma. L'opérateur peut alors traiter plus de pièces à la minute grâce à la plus grande surface active qu'offre le rideau plasma.

[0043] Le rideau plasma est produit par une source de type ULD comportant une buse 38 de forme allongée, un flexible 39 raccordé à la buse 38 pour l'alimenter en gaz plasmagène et en puissance RF et un générateur 40 situé hors de l'enceinte 22.

[0044] La buse 38 est plus volumineuse et peut peser de l'ordre de 10 kg. Il n'est donc pas commode de la faire manipuler à la main par l'opérateur dans l'enceinte 22. Pour permettre à l'opérateur de l'utiliser sans difficulté, la buse 38 peut être montée à la partie supérieure de l'enceinte de confinement 22. Par exemple, la buse 38 est soutenue par des montants télescopiques 42 dont l'extrémité supérieure coulisse dans des glissières 43 fixées à la paroi supérieure de l'enceinte 22. La buse 38 peut alors être placée à la distance voulue de la pièce 25 posée sur la grille de support 46 dans l'enceinte 22, à l'aide de vérins télescopiques intégrés aux montants 42. Le rideau plasma peut être balayé sur la pièce 25 pour traiter la surface de celle-ci, par déplacement le long des glissières 43.

[0045] Pour loger ce système de support de la buse ULD 38, l'enceinte 22 devra avoir une hauteur suffisante.

[0046] Le système d'évacuation des contaminants procède par extraction de l'air à la partie inférieure de l'enceinte 22. Le filtre THE servant à capter les particules radioactives est placé dans un boîtier d'aspiration 48 situé sous l'enceinte de confinement 22.

[0047] Le dispositif selon la figure 3 peut lui aussi être automatisé. Plutôt que d'être utilisables manuellement, les glissières 43 peuvent prendre la forme de rails permettant le déplacement automatique de la buse plasma 38, et un capteur peut être installé sur la buse 38 afin de procéder à un réglage automatique de la distance entre la buse 38 et la pièce à traiter 25.

[0048] D'autres configurations sont possibles comme par exemple l'utilisation du stylo plasma et du rideau plasma dans une même enceinte de confinement 22. Le rideau plasma permet alors un traitement très rapide des surfaces planes comme les plaques, les briques et la surface des gaines électriques. Les formes ayant des renfoncements peuvent ne pas être traitées correctement par le rideau plasma. Le stylo plasma est alors utilisé pour compléter le traitement et/ou décontaminer plus en profondeur.

[0049] Une autre possibilité est d'adjoindre à la source ULD ou ULS une autre source plasma consistant en une torche telle qu'illustrée sur la figure 1. Ceci peut convenir lorsqu'il s'agit de traiter des pièces 25 ayant formes complexes, avec des parties creuses, des partis tubulaires ... Dans ce cas, la torche plasma peut être installée dans la pièce à décontaminer avant d'être amenée à l'intérieur de l'enceinte de confinement 22.

[0050] Les modes de réalisation décrits ci-dessus sont une simple illustration de la présente invention. Diverses modifications peuvent leur être apportées sans sortir du cadre de l'invention qui ressort des revendications annexées.

Revendications

1. Dispositif de décontamination de pièces, comprenant :

une enceinte (22) ayant au moins un accès (24) pour introduire une pièce dans l'enceinte et l'en retirer et au moins un second accès (26) permettant à un opérateur d'intervenir manuellement dans l'enceinte pour manipuler la pièce (25) et/ou la source de plasma froid (8, 28, 38); au moins une source de plasma froid (8, 28-30, 38-40), le plasma froid produit par la source étant amené à pression atmosphérique sur une pièce (25) logée à l'intérieur de l'enceinte ; et un système (35, 48) d'évacuation de contaminants hors de l'enceinte.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la source de plasma froid inclut au moins une tête de projection de plasma (38) montée sur des glissières (43) en partie supérieure de l'enceinte (22) de façon à être déplaçable par rapport à la pièce (25).

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la source de plasma froid inclut une tête (38) de projection de plasma en forme de rideau ayant une longueur de 60 à 500 mm.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la source de plasma froid inclut une tête (28) de projection de plasma en forme de spot ayant un diamètre de 5 à 20 mm.

5. Dispositif selon la revendication 4, comprenant un compartiment (31) dans l'enceinte (22) pour recevoir la tête de projection de plasma en forme de spot (28) lorsqu'elle n'est pas manipulée par un opérateur.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le système d'évacuation de contaminants comprend une hotte aspirant l'air en partie supérieure de l'enceinte (22).

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une grille (36, 46) disposée dans l'enceinte (22) pour poser les pièces à décontaminer (25), dans lequel le système d'évacuation de contaminants est agencé pour capter en partie inférieure de l'enceinte des particules arrachées des pièces par l'action du plasma froid.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la source de plasma froid inclut au moins une torche (8) comprenant une électrode cylindrique (12) à disposer autour d'une pièce à décontaminer ayant une partie au moins de forme tubulaire et une électrode centrale (10) placée dans l'axe de l'électrode cylindrique et de la partie de forme tubulaire, l'électrode cylindrique et l'électrode centrale étant couplées à un générateur radiofréquence pulsé (18) pour générer un plasma à l'intérieur de la partie de forme tubulaire.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la source de plasma froid inclut au moins deux têtes de projection de plasma parmi :

- une buse (38) produisant un plasma en forme de rideau ayant une longueur de 60 à 500 mm ;
- une buse (28) produisant un plasma en forme de spot ayant un diamètre de 5 à 20 mm ; et
- une torche (8) comprenant une électrode cylindrique (12) à disposer autour d'une pièce à décontaminer ayant une partie au moins de forme tubulaire et une électrode centrale (10) placée dans l'axe de l'électrode cylindrique et de la partie de forme tubulaire, l'électrode cylindrique et l'électrode centrale étant couplées à un générateur radiofréquence pulsé (18) pour générer un plasma à l'intérieur de la partie de forme tubulaire.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le plasma froid est alimenté en gaz plasmagène comprenant de l'air enrichi en oxygène ou en argon.

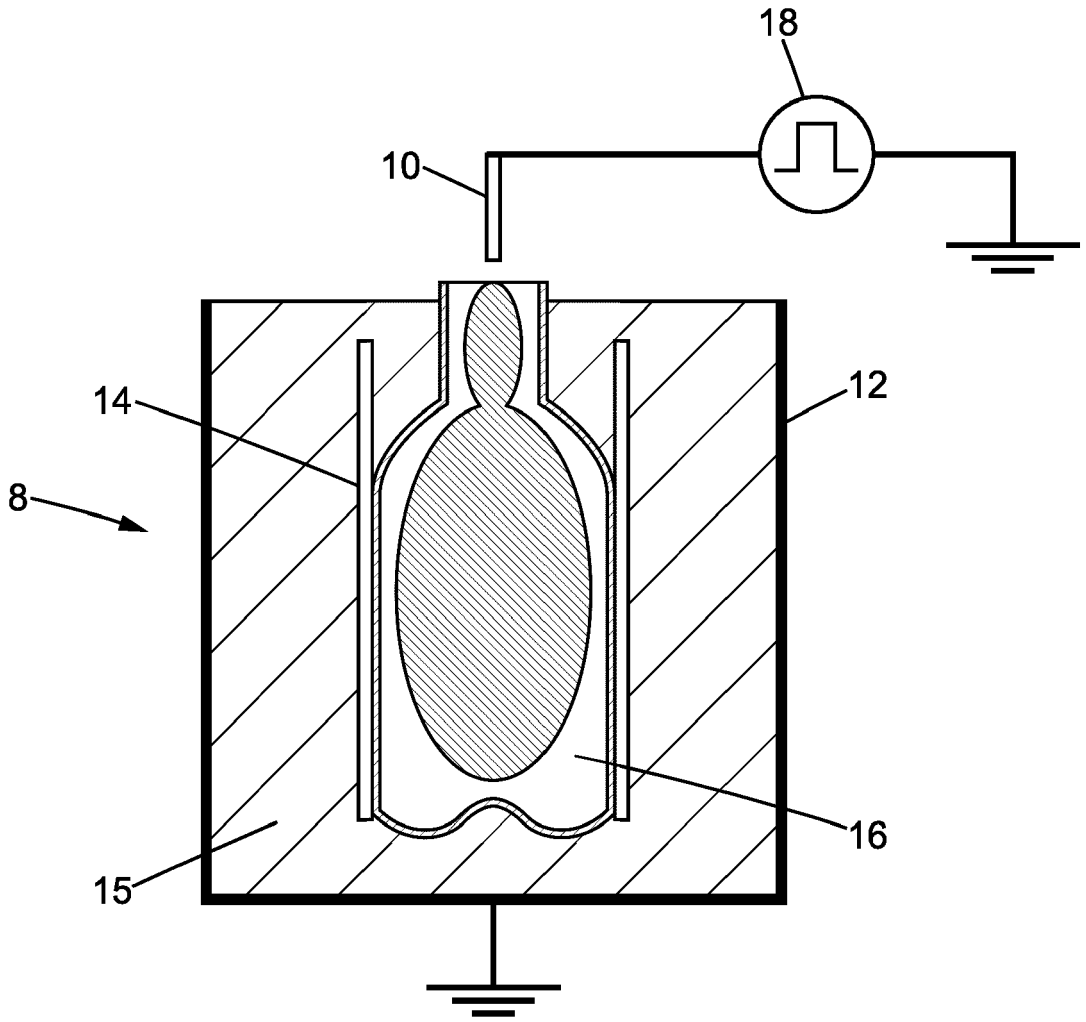


FIG. 1

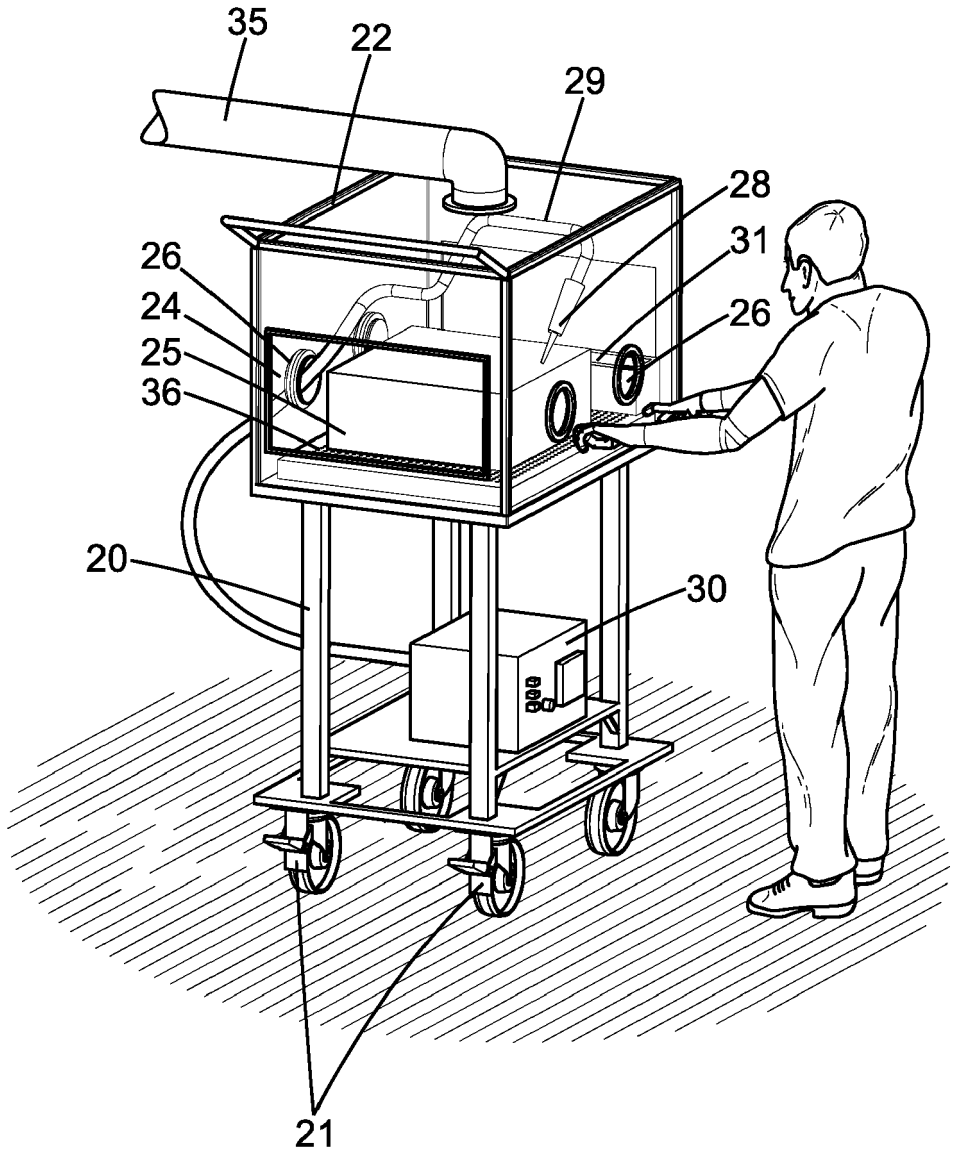


FIG. 2

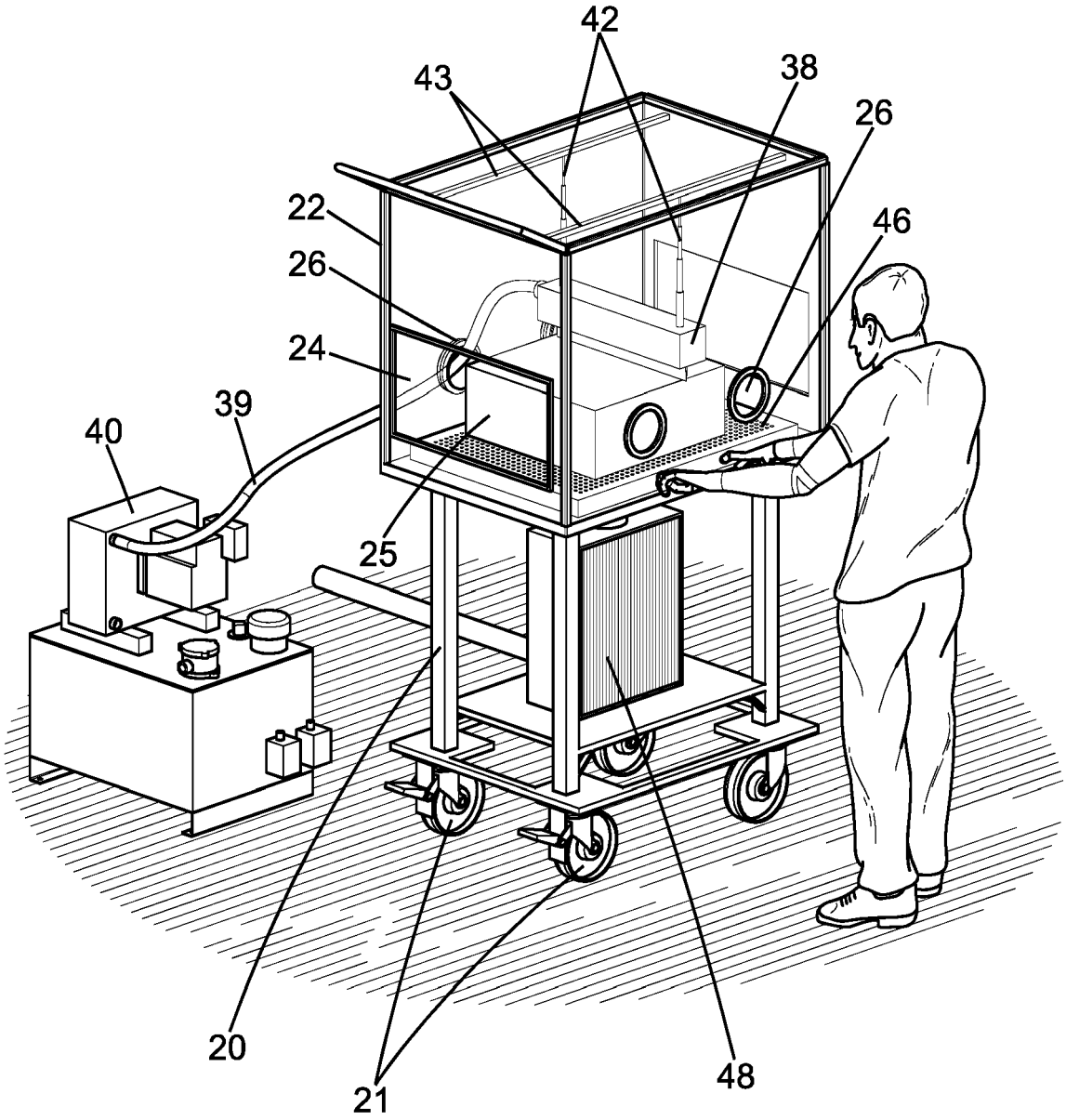


FIG. 3

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 17 18 2099

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X Y	FR 2 790 962 A1 (ABSYS [FR]) 22 septembre 2000 (2000-09-22) * abrégé *; figures * * page 10, ligne 20 - page 13, ligne 27 * * page 16, ligne 1 - page 22, ligne 21 * -----	1,7,8,10 2-6,9	INV. B08B7/00 B08B15/02 G21F9/00
Y	DE 10 2006 002758 A1 (LEIBNIZ INST FUER OBERFLAECHEN [DE]) 19 juillet 2007 (2007-07-19) * abrégé *; figure * * alinéa [0006] - alinéa [0012] * -----	2,4,5,9	
Y	US 5 512 123 A (CATES MICHAEL C [US] ET AL) 30 avril 1996 (1996-04-30) * abrégé *; figures * * colonne 4, ligne 35 - colonne 6, ligne 53 * -----	6	
Y	US 2007/113867 A1 (DUAN YIXIANG [US] ET AL) 24 mai 2007 (2007-05-24) * abrégé *; figures 1,2 * * alinéa [0003] * * alinéa [0026] - alinéa [0029] * -----	3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) B08B G21F
A	DE 10 2012 205172 B3 (LEICA BIOSYSTEMS NUSSLOCH GMBH [DE]) 18 avril 2013 (2013-04-18) * abrégé; figure * * alinéa [0011] - alinéa [0025] * -----	1-10	A61L

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
La Haye	24 novembre 2017	Plontz, Nicolas

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 17 18 2099

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits members sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-11-2017

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2790962 A1	22-09-2000	AT 248609 T	15-09-2003
		AU 3299200 A	04-10-2000
		DE 60004975 D1	09-10-2003
		DE 60004975 T2	22-07-2004
		EP 1161267 A1	12-12-2001
		ES 2206203 T3	16-05-2004
		FR 2790962 A1	22-09-2000
		JP 2002538896 A	19-11-2002
		WO 0054819 A1	21-09-2000
DE 102006002758 A1	19-07-2007	AUCUN	
US 5512123 A	30-04-1996	AUCUN	
US 2007113867 A1	24-05-2007	AUCUN	
DE 102012205172 B3	18-04-2013	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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

- FR 2839664 A1 **[0008]**
- FR 2631258 A1 **[0009]**
- WO 2013040454 A1 **[0010]**