



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤ Int. Cl.³: F 01 N

1/00

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
 Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑪

618 499

⑲ Numéro de la demande: 13937/77

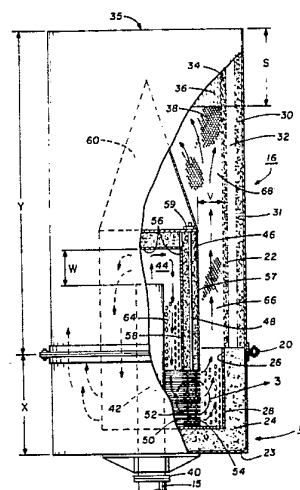
⑳ Date de dépôt: 15.11.1977

③① Priorité(s): 17.11.1976 US 742726

②④ Brevet délivré le: 31.07.1980

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 31.07.1980⑦③ Titulaire(s):
Dresser Industries, Inc., Dallas/TX (US)⑦② Inventeur(s):
Gerald Adrian Miller, Fountain Valley/CA (US)
John Mitchell Zabsky, Santa Ana/CA (US)⑦④ Mandataire:
Kirker & Cie, Genève⑤④ **Procédé d'atténuation du niveau sonore d'un jet de fluide compressible à grande vitesse.**

⑤⑦ On fait circuler de la vapeur sur un trajet d'écoulement comportant plusieurs étages de détente: la vapeur arrive par un tube (42) contre une plaque déflectrice (56) dans une chambre (44) puis descend le long d'un passage (64). La vapeur s'écoule ensuite radialement par un empilement de disques (50), frappe la chemise perforée (26) et remonte perpendiculairement dans un passage annulaire (66). Finalement dans un passage divergeant (68), la vapeur subit une forte détente qui l'amène à une vitesse très réduite au niveau du plan de sortie (35). L'écoulement est maintenu laminaire dans les étages de détente et la chemise perforée (26) comprend un matériau absorbant capable d'atténuer les hautes fréquences acoustiques.



REVENDECATIONS

1. Procédé d'atténuation du niveau sonore d'un jet de fluide compressible à grande vitesse, caractérisé en ce qu'il consiste à faire circuler le fluide sur un trajet d'écoulement comportant plusieurs étages de détente en série dans lesquels la vitesse du jet est successivement réduite, à maintenir un écoulement quasi laminaire au moins dans les étages de détente et à garnir au moins l'un des étages de détente d'un matériau absorbant capable d'atténuer les hautes fréquences acoustiques.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le jet est ralenti d'une vitesse supérieure à Mach 0,3 à une vitesse inférieure à Mach 0,3 en passant à travers lesdits étages.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au moins l'un des étages de détente divise l'écoulement principal en plusieurs écoulements parallèles circulant dans des passages de section calibrée.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que, dans au moins l'un des autres étages, l'écoulement frappe une surface qui provoque un changement de direction dans l'écoulement aval.

5. Silencieux pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une enveloppe extérieure ayant une entrée et une sortie de fluide, des moyens de guidage internes formant entre l'entrée et la sortie de l'enveloppe un trajet d'écoulement du fluide qui comprend plusieurs étages de détente en série pour réduire successivement la vitesse du jet d'entrée, les moyens de guidage maintenant un écoulement quasi laminaire au moins dans les étages de détente et au moins certains des étages de détente comportant un revêtement de matériau absorbant en contact avec le fluide en écoulement pour atténuer des fréquences acoustiques élevées.

6. Silencieux selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'au moins l'un des étages de diffusion comprend un empilage de disques annulaires espacés de façon à former des passages créant des conditions d'écoulement contrôlées.

7. Silencieux selon la revendication 6, caractérisé en ce que les conditions d'écoulement contrôlées du fluide sont déterminées par l'espacement des disques adjacents de l'empilage.

8. Silencieux selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'espacement des disques adjacents de l'empilage est compris entre 0,75 et 3,2 mm.

9. Silencieux selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'espacement des disques adjacents de l'empilage est compris entre 0,75 et 1,5 mm.

10. Silencieux selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que le premier étage de diffusion comprend une chambre en surpression qui reçoit le jet de fluide compressible de l'entrée de l'enveloppe et qui comprend des moyens de changement de sa direction d'écoulement.

11. Silencieux selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'entrée du fluide dans l'enveloppe est constituée par un tube central qui pénètre d'une certaine longueur dans la chambre de surpression, la chambre comportant une paroi transversale par rapport à l'axe du tube, la distance de l'extrémité du tube à la paroi étant comprise entre 2,5 et 3,5 fois le diamètre intérieur du tube.

12. Silencieux selon la revendication 11, caractérisé en ce que la chambre de surpression forme un passage annulaire autour du tube central d'entrée, sa paroi transversale par rapport à l'axe du tube produisant une inversion de la direction d'écoulement du fluide pour le diriger vers le passage annulaire.

La présente invention concerne un procédé et un silencieux permettant d'atténuer le bruit acoustique des jets de gaz éjectés à grande vitesse.

L'art antérieur contient de nombreux exemples de silencieux permettant de réduire ou de supprimer le bruit acoustique produit par des jets de gaz à grande vitesse. Ces silencieux sont essentiellement de deux types: les silencieux réactifs dont la géométrie interne produit une réflexion de l'énergie sonore vers la source, et les silencieux dissipatifs dont les performances acoustiques sont basées sur l'emploi de matériaux absorbants les ondes sonores.

Pendant longtemps on a considéré qu'il était impraticable et inutile de monter des silencieux sur les soupapes de sûreté et autres dispositifs de décharge qui fonctionnent peu fréquemment, même s'ils émettent un bruit intense. Un tel bruit émis occasionnellement et pendant de courtes durées ne justifiait apparemment pas le coût de l'installation d'un silencieux. Cette conception est illustrée par les soupapes de sûreté qui équipent les conduites de vapeur à haute pression et haute température à la sortie des générateurs de vapeur surchauffée. Des soupapes convenant pour ces applications sont disponibles dans le commerce sous la marque CONSOLIDATED. Il n'est pas rare que ces soupapes de sûreté à grand débit laissent échapper dans l'atmosphère un jet de vapeur transsonique dont le bruit s'ajoute à celui de la soupape qui est transmis par la tuyauterie de décharge.

Depuis peu les autorités fédérales américaines chargées de la sécurité et de la santé des travailleurs (OSHA) ont édicté des règlements imposant une limitation des niveaux sonores produits par le fonctionnement intermittent des soupapes de sûreté et autres dispositifs de décharge.

Le tableau ci-dessous résume ces limitations en fonction de la durée de fonctionnement quotidien:

Durée quotidienne	Bruit admissible en dB (A)
8 h	90
4 h	95
2 h	100
1 h	105
30 mn	110
15 mn	115

Bien que le respect de ces normes semblent a priori un problème simple à résoudre, il est apparu que les nombreux types de silencieux connus n'étaient pas adaptés à une telle application, soit à cause d'un encombrement et d'une masse prohibitifs qui compliquent le montage du silencieux, soit à cause d'une contre-pression excessive qui compromet le bon fonctionnement de la soupape de sûreté. On peut donc considérer qu'à l'heure actuelle ce problème n'est pas résolu.

La présente invention a pour but de fournir un procédé et un appareil dissipatif de réduction du bruit d'un jet à grande vitesse, par exemple à l'échappement d'une soupape de sûreté montée sur une conduite de vapeur à haute pression et haute température.

La présente invention a donc pour objet un procédé d'atténuation du bruit d'un jet de fluide à grande vitesse tel que défini dans la revendication 1 et un silencieux pour la mise en œuvre de ce procédé tel que défini dans la revendication 5.

Un tel silencieux est plus particulièrement adapté aux soupapes de sûreté qui équipent les conduites de vapeur à haute pression et haute température et permet de réduire efficacement le bruit avec un encombrement et un poids minimaux, sans créer une contre-pression excessive au niveau de la soupape. Le silencieux peut se monter en série sur la tuyauterie de décharge d'une soupape de sûreté. A l'intérieur du silencieux,

le jet de fluide en écoulement rapide peut être maintenu à une fréquence acoustique de l'ordre de 2000 Hz ou plus et subit une détente contrôlée à faible turbulence en quatre temps. De plus, si la géométrie interne du silencieux respecte certaines conditions critiques permettant de maintenir un écoulement quasi laminaire à faible turbulence, on peut obtenir une réduction optimale du bruit à haute fréquence avec un encombrement et un poids raisonnables. Par comparaison avec un silencieux de conception classique, l'encombrement est réduit dans un rapport d'environ 3 à 4 et la masse dans un rapport d'environ 3 à 6. De plus, le silencieux de l'invention ne produit pas de contre-pression susceptible de perturber le fonctionnement de la soupape associée.

Les dessins annexés représentent à titre d'exemple non limitatif un mode de réalisation de l'objet de l'invention.

La fig. 1 représente schématiquement le silencieux de l'invention monté sur la tuyauterie de décharge d'une soupape de sûreté.

La fig. 2 est une vue en élévation et en coupe partielle montrant l'intérieur du silencieux de l'invention.

La fig. 3 est un agrandissement de la partie entourée d'un cercle de la fig. 2.

Sur la fig. 1, la référence 10 représente une conduite de vapeur surchauffée ou un générateur de vapeur à haute pression et haute température, par exemple 200–280 bars et plus de 540°C. Pour de telles installations, les règlements en vigueur imposent l'emploi de soupapes de sûreté qui s'ouvrent au cas où la pression dépasse une valeur prédéterminée. Ainsi, la soupape 12 de la fig. 1 peut laisser échapper de la vapeur en surpression dans une tuyauterie de décharge 14, 15 qui aboutit à l'air libre. Le silencieux 16 est intercalé dans la tuyauterie de décharge 15.

On voit sur la fig. 2 que le silencieux 16 est un ensemble cylindrique constitué d'une partie inférieure 18 de longueur X et d'une partie supérieure 22 de longueur Y assemblées au moyen de brides vissées 20. La partie inférieure 18 comprend une enveloppe métallique extérieure 23 qui contient une garniture de matériau acoustique, par exemple de la laine d'acier inoxydable moyenne. Intérieurement, la garniture 24 est revêtue d'une chemise lisse 26, éventuellement perforée en 28. La chemise 26 qui est soumise à l'action du jet de vapeur, doit être en un métal résistant à la corrosion de la vapeur chaude.

La partie supérieure 22 est constituée d'une enveloppe métallique 31 garnie intérieurement d'un revêtement de fibre de verre 30. Le revêtement 30 est séparé par un espace annulaire 32 d'un manchon acoustique intérieur 34 qui se prolonge jusqu'au plan de sortie 35 du silencieux. Le manchon 34 peut être en laine d'acier inoxydable et sa surface cylindrique intérieure prolonge celle de la garniture acoustique 24. Jusqu'à une distance S à partir du plan de sortie 35, le manchon acoustique 34 est revêtu intérieurement d'une chemise ondulée ou gaufrée 36. Sur le reste de sa longueur Y, le manchon 34 peut être revêtu intérieurement d'une mince chemise perforée 38, de préférence en tôle d'acier inoxydable. L'entrée du silencieux 16 est un tube central 42 qui se raccorde à la tuyauterie 15 par un joint à bride 40. Le tube 42 pénètre coaxialement dans une chambre de réception 44 où la vapeur débouche à une vitesse voisine de celle du son.

La chambre 44 est délimitée par une structure cylindrique fermée d'un côté qui coiffe le tube d'entrée 42. Cette structure est constituée d'une épaisseur de matériau acoustique 46 prise en sandwich entre une chemise métallique intérieure 56 et une enveloppe métallique extérieure 57. L'ensemble est fixé par des tirants 48 au fond côté entrée de l'enveloppe extérieure. Sur la moitié inférieure de sa hauteur, la chemise 56 est perforée, les trous 58 représentant 30 à 40% de la surface totale. La paroi supérieure de la chemise 56 se trouve à une distance

axiale W de l'extrémité du tube d'entrée 42, cette distance étant importante pour le fonctionnement du silencieux, comme on le verra plus loin. Entre le bas de la structure cylindrique 46 et le fond du silencieux côté entrée est disposé un empilage de 5 disques annulaires 50 maintenus espacés par des entretoises 52 pour former des fentes d'écoulement 54 dont la largeur est également importante. Le haut de la structure cylindrique intérieure est coiffé par un cône central 60 qui est fixé par des boulons 59. Le cône 60 a bout but de maintenir un écoulement laminaire du fluide jusqu'au plan de sortie 35. Le 10 trajet décrit par le fluide à l'intérieur du silencieux comprend une première inversion de direction dans la chambre 44 où le fluide redescend à l'extérieur du tube d'entrée 42 pour atteindre l'empilage des disques 50. Après être passé radialement dans les fentes 54, le fluide remonte dans un passage annulaire 66 dont la section est sensiblement constante jusqu'au cône 60, puis entre dans un passage de détente 68 qui se termine au 15 plan de sortie 35.

En service, la vapeur libérée par la surface 12 circule dans 20 les tuyauteries 14 et 15 et entre dans le silencieux 16 par son tube central 42. A la sortie du tube 42, la distance critique W est telle que le jet sonique frappe la plaque défectrice 56 et change de direction de 180° dans la chambre 44. La forte pression dynamique qui règne dans la chambre 44 empêche 25 l'apparition de turbulences importantes et maintient un écoulement laminaire dans le passage descendant 64. Au bas du passage 64, l'écoulement ralentit encore en passant radialement dans l'empilage de disques 50 qui constitue un second étage de détente. A la sortie de l'empilage, l'écoulement dont la vitesse est réduite à environ Mach 0,5, frappe la chemise 30 perforée 26 et remonte perpendiculairement dans le passage annulaire 66 dont la dimension radiale V est également critique. Il se produit une légère turbulence au bas du passage 66 qui constitue un troisième étage de détente et la vitesse 35 relative tombe à environ Mach 0,3. En arrivant dans le passage divergent 68, le jet subit une forte détente finale qui l'amène à une vitesse très réduite au niveau du plan de sortie 35 du silencieux. Si nécessaire, le fluide peut être repris par une tuyauterie débouchant à l'air libre.

En passant dans le silencieux, un jet de vapeur sonique subit 40 une importante réduction de son bruit qui passe d'un niveau d'environ 130 dB (A) à la bride d'entrée 40 à environ 98 dB (A) dans le plan de sortie 35. L'écoulement étant maintenu laminaire, le bruit reste à haute fréquence sur toute la longueur du parcours du jet du tube d'entrée 42 au plan de sortie 45 35. Il est essentiel d'obtenir une détente du jet sans turbulences importantes, mais avec une contre-pression minimale, pour maintenir l'énergie sonore dans la partie haute du spectre de fréquence. Cela suppose un choix judicieux des dimensions relatives des divers passages de détente et d'interaction avec 50 les revêtements acoustiques.

La distance W qui sépare l'extrémité du tube 42 du haut de la chambre 44 doit être choisie avec le plus grand soin car elle 55 influe sur la laminarité de l'écoulement et sur la contre-pression. La valeur optimale de la distance W dépend du débit masse du jet car, plus il est important, plus la contre-pression due aux frottements et aux changements de direction du fluide est forte. Pour obtenir les meilleurs résultats possibles, la distance W peut avoir la valeur minimale compatible avec la 60 contre-pression autorisée et peut être en pratique de l'ordre de 2,5 à 3,5 fois le diamètre interne du tube 42. Pour les mêmes raisons, la dimension V du passage annulaire 66 doit être aussi réduite que le permet le ralentissement de l'écoulement à une vitesse de l'ordre de Mach 0,3 ou moins dans le passage 66. 65

Les surfaces des disques annulaires 50 doivent avoir un état de surface aussi lisse que possible pour du métal non surfacé. La hauteur des fentes 54 (intervalles des disques) est de préfé-

rence comprise entre environ 0,75 et 1,50 mm, bien que l'on puisse aller dans certains cas jusqu'à 3,2 m. Au-dessus de cette plage, la réduction du niveau de bruit n'est plus satisfaisante et en dessous la contre-pression devient gênante. Avec un grand nombre de disques 50 et d'intervalles 54, on obtient une réduction sensible de la vitesse du fluide par rapport au passage 64, mais on est limité dans cette voie par la nécessité de maintenir une certaine surpression dans la chambre 44. En effet, si la pression de la chambre 44 est trop faible, son impédance acoustique diminue et le silencieux devient moins efficace.

On voit donc que le procédé d'atténuation du bruit et le silencieux dissipatif de l'invention permettent d'abaisser sensiblement le niveau sonore d'un jet de fluide compressible à

grande vitesse, en particulier dans le cas d'un jet de vapeur à haute pression et à haute température émis par une soupape de sûreté. Dans son principe, le silencieux réalise une diffusion haute fréquence grâce à un écoulement quasi laminaire avec de
5 très faibles turbulences pour assurer une atténuation efficace dans tout le spectre de fréquence pour des vitesses, des débits masse et des températures très variables, et avec une contre-pression insignifiante. Ce principe permet de réaliser un silencieux beaucoup plus léger et compact que les silencieux classiques, car la courte longueur d'onde de l'énergie sonore haute
10 fréquence rend possible, quelle que soit son intensité, une atténuation efficace sans recourir à des pièces massives d'acier ou de plomb généralement employées dans les autres silencieux.

