



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Numéro de publication:

0 258 093 B1

⑫

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④⑤ Date de publication de fascicule du brevet:
03.07.91

⑤① Int. Cl.⁵: **F25B 9/02**

②① Numéro de dépôt: **87401727.0**

②② Date de dépôt: **24.07.87**

⑤④ **Réfrigérateur Joule-Thomson et crostat comprenant ce réfrigérateur.**

③① Priorité: **31.07.86 FR 8611087**

④③ Date de publication de la demande:
02.03.88 Bulletin 88/09

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
03.07.91 Bulletin 91/27

⑥④ Etats contractants désignés:
BE CH DE ES GB IT LI SE

⑤⑥ Documents cités:
FR-A- 1 267 447 FR-A- 1 559 510
FR-A- 2 026 088 FR-A- 2 061 500
FR-A- 2 477 406 GB-A- 1 168 997
US-A- 2 746 264 US-A- 3 415 077

SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, Sections P,Q: Mechanical & General, 9 février 1983, semaine J51, résumé no. B4600; & SU-A-9 03 667 (ANIKEEV G.N.) 09-02-1982

CRYOGENICS, octobre 1977, pages 543-548, Guilford, GB; Z. MALEK et al.: "Porous heat exchangers for continuous flow helium cryostats"

⑦③ Titulaire: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE**
75, Quai d'Orsay
F-75321 Paris Cédex 07(FR)

⑦② Inventeur: **Reale, Serge**
12, rue Hyppolyte Muller
F-38100 Grenoble(FR)
Inventeur: **Bragard, Virginie**
7, rue du Général Ferrière
F-38100 Grenoble(FR)

⑦④ Mandataire: **Jacobson, Claude et al**
Cabinet Lavoix 2, Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cedex 09(FR)

EP 0 258 093 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention est relative aux refroidisseurs Joule-Thomson et aux cryostats destinés à obtenir très rapidement des températures basses comprises entre 80 et 130K. Ces refroidisseurs sont utilisés par exemple pour refroidir des détecteurs infra-rouge. Elle concerne plus particulièrement un refroidisseur Joule-Thomson du type décrit dans le préambule de la revendication 1.

La technologie la plus courante dans ce domaine consiste à utiliser comme cryostat un Dewar à double paroi dont la paroi intérieure forme un puits cylindrique sur le fond duquel est fixé l'élément à refroidir. Le refroidisseur proprement dit comprend un noyau cylindrique sur lequel est bobiné hélicoïdalement un tube capillaire aileté pourvu à son extrémité de moyens de détente, lesquels peuvent être constitués par un simple perçage ou par un dispositif de régulation de débit plus complexe.

Bien que ces appareils aient été continuellement perfectionnés, ils sont difficiles et coûteux à réaliser industriellement, d'une part à cause de la configuration complexe du Dewar, qui comporte un puits et une double paroi, et d'autre part à cause de la haute précision mécanique nécessaire pour assurer une introduction étanche mais sans déformation du refroidisseur dans le puits cylindrique du cryostat.

Le GB-A-1 168 997 a proposé un refroidisseur du type précité, qui réduit ces difficultés. Cependant, il s'agit plus d'un principe que d'un appareil réalisable industriellement.

La présente invention a pour but de fournir une technique permettant de réaliser industriellement de tels appareils de façon simple et économique et avec des performances améliorées.

A cet effet, l'invention a pour objet un refroidisseur Joule-Thomson du type précité, caractérisé par le contenu de la partie caractérisante de la revendication 1.

Il est à noter que le FR-A-2 477 406 décrit l'utilisation d'une masse poreuse autour d'un tube lisse d'un refroidisseur Joule-Thomson.

D'autres caractéristiques du refroidisseur suivant l'invention sont décrites dans les sous-revendications 2 à 7.

L'invention a également pour objet un cryostat comprenant :

- un refroidisseur Joule-Thomson tel que défini ci-dessus ; et
- une enceinte sous vide entourant ledit emplacement central et reliée à joint étanche à l'enveloppe, laquelle débouche à l'extérieur de cette enceinte.

Quelques exemples de mise en oeuvre de l'invention vont maintenant être décrits en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente en plan les pièces qui constituent un refroidisseur suivant l'invention ;
- la figure 2 est une demi-vue partielle en coupe axiale d'un cryostat comprenant le refroidisseur de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en élévation, à plus petite échelle, de ce cryostat ;
- les figures 4, 6 et 7 illustrent en coupe axiale trois phases de la fabrication d'une variante du refroidisseur de la figure 1 ;
- la figure 5 est une vue prise suivant la flèche V de la figure 4 ; et
- la figure 8 est une vue en coupe axiale d'une variante du cryostat de la figure 2.

Le cryostat représenté aux figures 2 et 3 comprend un refroidisseur Joule-Thomson 1 constitué des pièces représentées à la figure 1, à savoir :

- un tube capillaire 2 en acier inoxydable enroulé en une spirale plane à spires jointives ; l'extrémité extérieure de ce tube est pourvue d'un filtre 3, tandis que son extrémité intérieure est obturée et présente un orifice de détente calibré 4 orienté axialement (figure 2) ;
- deux plaquettes planes 5 constituées d'une matière poreuse à porosités ouvertes qui peut être une mousse, un feutre ou un fritté thermiquement conducteur, en pratique métallique, et notamment une mousse de nickel compactée ayant une porosité volumique de 35 % ; chacune de ces plaquettes à la forme d'un disque dont le diamètre est nettement supérieur au diamètre extérieur de la spirale 2 et qui présente un trou central 6 ayant un diamètre du même ordre que la spire intérieure de cette spirale ;
- deux plaques planes 7 ayant une bonne résistance aux contraintes mécaniques et thermiques, notamment en acier inoxydable. Ces plaques 7 ont le même diamètre que les disques 5.

Pour réaliser le refroidisseur 1 à partir des pièces ci-dessus, on les superpose dans l'ordre représenté à la figure 1, à savoir une plaque 7, un disque 5, la spirale 2, l'autre disque 5 et l'autre plaque 7, ceci de façon coaxiale, et on les fixe les uns aux autres par collage ou brassage.

- On intègre ensuite ce refroidisseur en forme générale de disque plan dans un cryostat de la manière représentée aux figures 2 et 3. Un élément 8 à refroidir, par exemple un détecteur infra-rouge, est fixé au centre d'une des deux plaques 7. On dispose coaxialement de part et d'autre du refroidisseur 1 deux tronçons tubulaires 9 se terminant chacun par une collerette extérieure 10 pourvue d'une gorge circulaire 11, laquelle reçoit un joint d'étanchéité annulaire 12. La région périphérique du refroidis-

seur est pincée entre les deux collerettes 10, le serrage étant assuré par deux brides annulaires 13 qui prennent appui sur les collerettes 10 et qui sont traversées par des boulons 14. Ce serrage provoque d'une part un écrasement des joints 12 sur les plaques 7, ce qui permet d'obtenir une étanchéité au vide, et d'autre part un léger rapprochement des régions périphériques des plaques 7 et des disques 5, ces derniers, qui sont relativement souples, venant en contact mutuel dans le plan médian du refroidisseur, bien que, cette vanne en contact ne soit pas indispensable. Le refroidisseur 1 définit alors, entre les plaques 7, une spirale plane 2 noyée dans la masse poreuse constituée par les deux disques 5, cette masse laissant libre une chambre centrale 15 dans laquelle, débouche l'orifice de détente 4, qui est orienté vers l'élément 8 à refroidir.

Comme on le voit à la figure 3, le cryostat est complété par deux tronçons tubulaires 16 prolongeant respectivement les deux tronçons 9 et mis en communication par un tube latéral 17. L'un des tronçons 16 est obturé hermétiquement, tandis que l'autre peut se raccorder par une conduite 18 à une pompe à vide (non représentée).

En fonctionnement, après avoir établi un vide secondaire (inférieure à 10^{-3} mb) dans l'enceinte constituée par les éléments 9, 16 et 17, on relie l'extrémité extérieure du tube 2 à une source 19 d'un gaz sous très haute pression, par exemple d'argon sous 700 bars. Le gaz haute pression, épuré par le filtre 3, circule dans la spirale 2, est détendu et donc refroidi au passage de l'orifice 4, et pénètre dans la chambre centrale 15. De là, il circule radialement vers l'extérieur à travers les disques poreux 5, et sort librement à l'atmosphère par la périphérie de ces derniers. Le gaz basse pression refroidit à contre-courant le gaz haute pression contenu dans la spirale 2, essentiellement par l'intermédiaire des disques 5, de sorte que la température diminue rapidement dans la chambre 15, jusqu'à formation dans celle-ci de liquide à la température qui correspond à la pression qui y règne. Cette pression est définie par la perte de charge du circuit basse pression à travers les disques 5. Il est à noter que la section de passage offerte au gaz basse pression augmente au fur et à mesure où la détente se termine et où le gaz se réchauffe, ce qui est très favorable en ce qui concerne les pertes de charge du circuit basse pression.

Pour améliorer l'échange thermique entre les gaz basse pression et haute pression, il est préférable de fixer la spirale 2 aux disques 5 par brasage. De plus, pour diminuer les entrées de chaleur radiales par conduction, il est préférable de fixer les plaques 7 aux disques 5 par collage.

Pour réduire le temps de mise en froid, c'est-

à-dire le temps nécessaire à l'apparition de liquide dans la chambre 15, ainsi que la température de ce liquide, il faut réduire la capacité calorifique du refroidisseur ainsi que les pertes de charge du circuit basse pression, sans diminuer l'efficacité de l'échange de chaleur entre les gaz basse pression et haute pression ni favoriser les entrées de chaleur par conduction entre la périphérie du refroidisseur, qui est à la température ambiante, et la zone centrale refroidie.

Ce problème complexe trouve une solution dans le mode de réalisation dont la fabrication est illustrée aux figures 4 à 7 : deux bandes de tissu métallique, par exemple de toile de bronze à maille carrée de 50 microns de diamètre de fil et de 80 microns d'ouverture, sont bobinées chacune sur un noyau poreux 20, par exemple en bronze fritté, présentant une extrémité creuse 21 qui affleure un côté de la bande correspondante (figure 4). La face 22 de chaque bobinage située du côté de l'extrémité 21 est rectifiée, puis (figure 6) les deux faces 22 sont collées ou brasées coaxialement sur les deux faces de la spirale 2. L'ensemble ainsi obtenu est ensuite découpé à la scie de part et d'autre de la spirale 2 puis rectifié au tour pour obtenir un ensemble constitué de la spirale et des deux disques 5 avec l'épaisseur souhaitée. Enfin, les plaquettes 7 sont rapportées sur les deux faces de cet ensemble, quelques cales d'épaisseur étant disposées entre les zones périphériques de ces deux plaques.

Avec cette construction, chaque disque 5 est constitué d'une étroite bande de tissu métallique enroulé en spirale. Il présente une bonne conduction thermique dans cette direction axiale, qui est celle du tissu, et une mauvaise conduction thermique dans le sens radial, du fait du nombre important de résistances thermiques de contact en série existant entre les couches successives de tissu.

On a ainsi réalisé un circuit basse pression thermiquement anisotrope, c'est-à-dire ayant dans le sens axial, qui est celui de l'échange thermique recherché, une conductibilité thermique très supérieure à sa conductibilité thermique dans le sens radial, qui est celui des pertes de chaleur parasites.

En fait, le cryostat des figures 2 et 3 constitue un appareil expérimental. Pour une réalisation en série, on adopterait de préférence la variante de la figure 8, qui en diffère par les points suivants : les disques 5 et les plaques 7 ont sensiblement le même diamètre extérieur que la spirale 2, et les plaques 7 comportent un rebord périphérique cylindrique 7A dirigé à l'opposé de la spirale. Une rondelle 23 est fixée par brasage, soudage ou collage sur chaque rebord 7A, après mise sous vide, de façon à constituer de chaque côté du refroidisseur une chambre sous vide scellée.

Par ailleurs, dans cette variante comme dans

celle des figures 2 et 3, les plaques 7 peuvent être réalisées en verre ou en une matière céramique et, dans ce cas, intégrer directement l'élément 8 à refroidir, qui est généralement un circuit électronique, dans leur partie centrale.

Revendications

1. Refroidisseur Joule-Thomson, du type comprenant une enveloppe ouverte (7) constituée par deux plaques à peu près planes et présentant un emplacement central à refroidir, et un serpent (2) destiné à véhiculer du gaz sous haute pression, ce serpent formant une spirale plane avec un orifice de détente (4) au centre et étant disposé entre les deux plaques de l'enveloppe, caractérisé en ce que la spirale (2) est constituée par un tube capillaire lisse enroulé en une spirale à spires jointives, et en ce qu'une plaquette poreuse présentant un trou central (6) est disposée entre une face de la spirale et l'enveloppe, ce trou central formant une chambre de détente (15) dans laquelle débouche ledit orifice de détente (4).
2. Refroidisseur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le serpent (2) est espacé de l'enveloppe (7).
3. Refroidisseur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la plaquette poreuse (5) est constituée d'une mousse, d'un feutre ou d'un fritté métallique.
4. Refroidisseur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la conductibilité thermique de la plaquette poreuse (5) dans le sens axial de la spirale (2) est très supérieure à sa conductibilité thermique dans le sens radial.
5. Refroidisseur suivant la revendication 4, caractérisé en ce que la plaquette poreuse (5) est constituée par une étroite bande de toile métallique enroulée en spirale coaxialement à ladite spirale (2).
6. Refroidisseur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les différentes couches du refroidisseur sont fixées les unes aux autres par collage ou brasage.
7. Refroidisseur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'extrémité intérieure de la spirale (2) est obturée, l'orifice de détente (4) étant ménagé latéralement en direction axiale, près de cette extrémité.

8. Cryostat, caractérisé en ce qu'il comprend :
 - un refroidisseur Joule-Thomson suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7 ; et
 - une enceinte sous vide entourant ledit emplacement et reliée à joint étanche à l'enveloppe (7), laquelle débouche à l'extérieur de cette enceinte.

Claims

1. Joule-Thomson cooler, of the type comprising an open casing (7) consisting of two approximately planar plates and having a central location for cooling, and a pipe coil (2) for conveying gas under high pressure, this pipe coil forming a planar spiral with a pressure relief orifice (4) at the centre and being disposed between the two plates of the casing, characterised in that the spiral (2) consists of a smooth capillary tube wound into a spiral with contiguous turns, and in that a porous plate having a central hole (6) is disposed between one face of the spiral and the casing, this central hole forming a pressure relief chamber (15) into which said pressure relief orifice (4) opens.
2. Cooler according to claim 1, characterised in that the pipe coil (2) is spaced apart from the casing (7).
3. Cooler according to claim 1, characterised in that the porous plate (5) consists of a foam, a felt or a metal frit.
4. Cooler according to claim 1, characterised in that the thermal conductivity of the porous plate (5) in the axial direction of the spiral (2) is much greater than its thermal conductivity in the radial direction.
5. Cooler according to claim 4, characterised in that the porous plate (5) consists of a narrow strip of metal fabric wound into a spiral coaxially with said spiral (2).
6. Cooler according to any of claims 1 to 5, characterised in that the different layers of the cooler are fixed to each other by glueing or brazing.
7. Cooler according to any of claims 1 to 6, characterised in that the inner end of the spiral (2) is blocked, the pressure relief orifice (4) being formed laterally in an axial direction, close to this end.

8. Cryostat, characterised in that it comprises:
- a Joule-Thomson cooler according to any of claims 1 to 7; and
 - a vacuum enclosure surrounding said location and connected with a sealing joint to the casing (7), which opens out on the outside of this enclosure.

Ansprüche

1. Joule-Thomson-Kühler mit einer offenen Hülle (7), welche durch zwei nahezu ebene Platten aufgebaut ist, mit einer zentralen Kühlstelle und einer Schlange (2) zum Transportieren von Gas unter hohem Druck, wobei die Schlange eine ebene Spirale bildet mit einer Entspannungsöffnung (4) in der Mitte und zwischen den Hüllenplatten angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Spirale (2) aus einer glatten Kapillare aufgebaut ist, die in einer Spirale mit nebeneinanderliegenden Windungen aufgerollt ist, und daß eine poröse kleine Platte mit einem zentralen Loch (6) zwischen einer Fläche der Spirale und der Hülle angeordnet ist, wobei dieses zentrale Loch eine Entspannungskammer (15) bildet, in welche die Entspannungsöffnung (4) mündet. 15
2. Kühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlange (2) von der Hülle (7) getrennt ist. 30
3. Kühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kleine poröse Platte (5) aus einem Schaum, einem Filz oder einer metallischen Fritte besteht. 35
4. Kühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeleitfähigkeit der kleinen porösen Platte (5) in axialer Richtung der Spirale (2) erheblich größer als ihre Wärmeleitfähigkeit in radialer Richtung ist. 40
5. Kühler nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die kleine poröse Platte (5) aus einem schmalen Band von metallischem Gewebe aufgebaut ist, welches zu einer Spirale coaxial zur Spirale (2) aufgerollt ist. 45
6. Kühler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen Schichten des Kühlers durch Verleimen oder Löten eine auf der anderen befestigt sind. 50
7. Kühler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das innere Ende der Spirale (2) verschlossen ist, wobei die Entspannungsöffnung (4) seitlich in axialer Rich-

tung in der Nähe dieses Endes angebracht ist.

8. Cryostat, dadurch gekennzeichnet, daß er aufweist:
- einen Joule-Thomson-Kühler nach einem der Ansprüche 1 bis 7; und
 - einen Raum unter Vakuum, welcher die Stelle umgibt und mit dichter Naht mit der Hülle (7) verbunden ist, welche nach außerhalb dieses Raumes mündet.

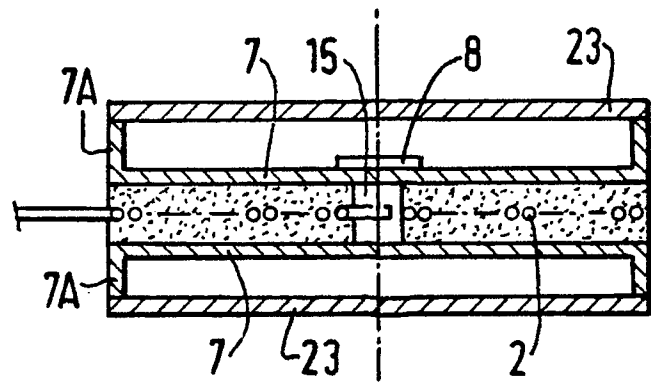
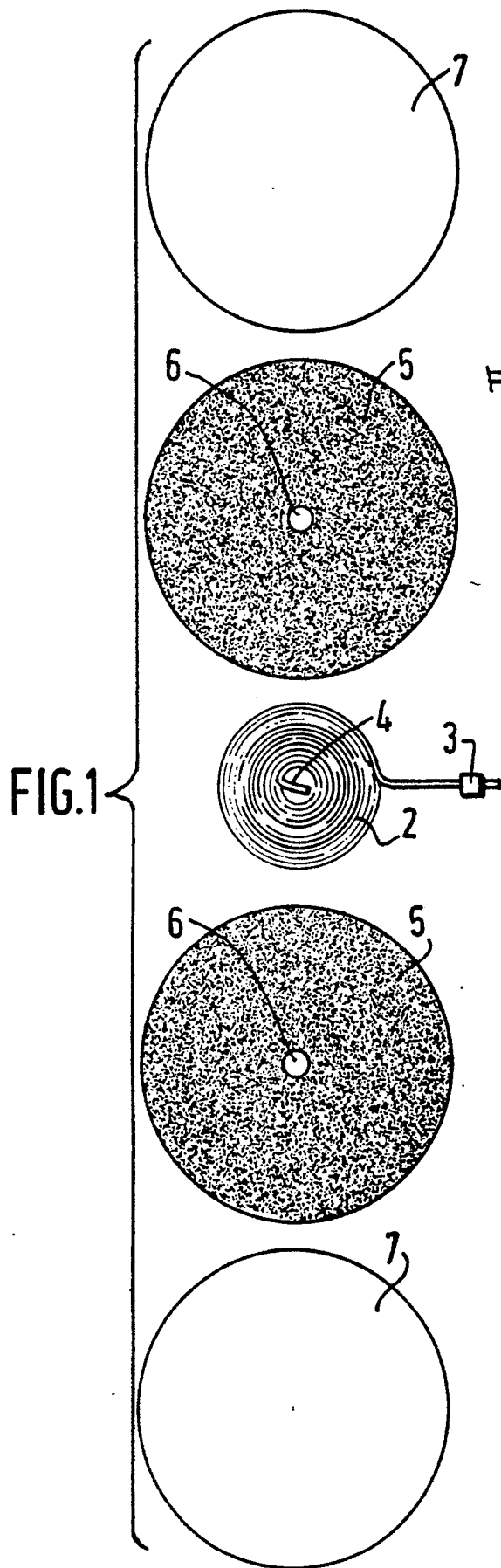


FIG.8

