

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-146830
(P2004-146830A)

(43) 公開日 平成16年5月20日(2004.5.20)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 39/04
F25B 1/00
F25B 13/00

F I

H01L 39/04 ZAA
F25B 1/00 395Z
F25B 13/00 A

テーマコード(参考)

3LO92
4M114

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-360453(P2003-360453)
(22) 出願日 平成15年10月21日(2003.10.21)
(31) 優先権主張番号 10/277884
(32) 優先日 平成14年10月23日(2002.10.23)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 392032409
ブラクスエア・テクノロジー・インコーポ
レイテッド
アメリカ合衆国06810-5113コネ
ティカット州ダンバリー、オールド・リッ
ジバリー・ロード39
(74) 代理人 100067817
弁理士 倉内 基弘
(74) 代理人 100085774
弁理士 風間 弘志
(72) 発明者 バイラム・アルマン
アメリカ合衆国ニューヨーク州グランド・
アイランド、ザ・コモンス16

最終頁に続く

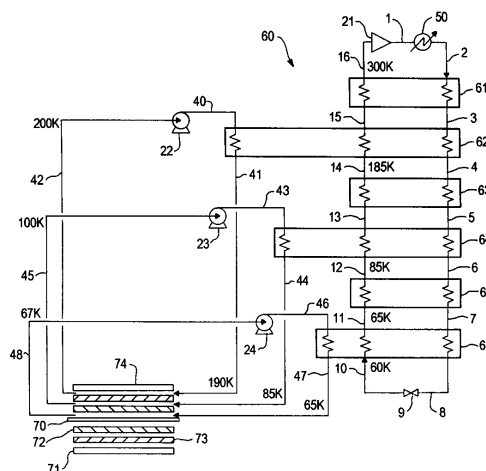
(54) 【発明の名称】 高温超伝導用多重レベル冷却

(57) 【要約】

【課題】 要する動力が少なく、これより従来利用可能なシステムに比べてコストがかからない高温超伝導装置を冷却する方法を提供する。

【解決手段】 高温超伝導装置を冷却して超伝導作動条件を保つ方法であって、第一熱媒液のような第一伝熱手段を冷却して飽和液体窒素の温度よりも高い温度にして周囲熱を遮断するために使用し、第二熱媒液のような第二伝熱手段を冷却して高温超伝導温度作動範囲内の温度にして超伝導作動条件を保つ方法。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高温超伝導装置を冷却する方法であって、下記：

- (A) 高温超伝導温度 20 ~ 80 K の範囲内の温度で作動する高温超伝導装置を供し；
 - (B) 第一伝熱手段を冷却して飽和液体窒素の温度を超える第一温度にし、及び冷却された第一伝熱手段を、高温超伝導装置に周囲熱を通させないことによって暖め；並びに
 - (C) 第二伝熱手段を冷却して高温超伝導温度範囲内の第二温度にし、及び冷却された第二伝熱手段を、高温超伝導装置と熱交換することによって加温して高温超伝導装置を高温超伝導温度範囲内に保つ
- ことを含む方法。

10

【請求項 2】

第一伝熱手段が第一熱媒液を含み、第二伝熱手段が第二熱媒液を含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

高温超伝導装置を、断熱外層及び断熱外層に比べて高温超伝導装置に一層近くに配置した断熱内層を使用して断熱する請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

冷却された第一熱媒液を断熱内層と断熱外層との間に通す請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】

冷却された第二熱媒液を断熱内層と高温超伝導装置との間に通す請求項 3 記載の方法。

20

【請求項 6】

第一熱媒液が第一循環路において循環し、第二熱媒液が第一循環路と別の第二循環路において循環する請求項 2 記載の方法。

【請求項 7】

第一熱媒液及び第二熱媒液が集積循環路において循環する請求項 2 記載の方法。

【請求項 8】

更に、第三熱媒液を冷却して第一温度よりも低くかつ第二温度よりも高い第三温度にし、及び冷却された熱媒液を、高温超伝導装置と間接熱交換することによって暖めることを含む請求項 2 記載の方法。

【請求項 9】

高温超伝導装置が電気ケーブルである請求項 1 記載の方法。

30

【請求項 10】

第二熱媒液が第一熱媒液と異なる組成を有する請求項 2 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、総括的には冷却に関し、一層特には高温超伝導用途用冷却に関する。

【背景技術】

【0002】

超伝導は、ある種の金属、合金及び化合物が電気抵抗を失い、それでそれらが無限の導電性を有するようになる現象である。最近まで、超伝導は、絶対ゼロよりもほんのわずかに高い極めて低い温度において観測されるだけであった。超伝導体をそのような低い温度に保つことは、典型的には液体ヘリウムを使用することを要して、非常に費用がかかり、これよりこの技術についての商業用途を限るものである。

40

【0003】

最近、15 ~ 75 K の範囲のような一層高い温度において超伝導を示す材料が数多く見出された。そのような材料は、液体ヘリウム又は非常に低温のヘリウム蒸気を使用してそれらの超伝導温度に保ち得るが、そのような冷却スキームは、極めてコストがかかる。遺憾ながら、液体窒素は、極低温冷却をもたらすのに比較的成本の低い方法であるが、ほとんどの高温超伝導体の超伝導温度に下げるときの冷却を有効にもたらしすることができない

50

【0004】

高温超伝導性材料で造られる送電ケーブルは、多量の電気を極めて少ないロスで送るための有意な利点を供する。高温超伝導性材料性能は、液体窒素を使用して達成される温度およそ80Kにおける性能から約30~50Kの温度においておおよそ1オーダーの大きさ向上する。

【0005】

ケーブル、変圧器、障害電極電流制御装置/リミッタ等のような超伝導システムの用途は、一部経済的な冷却システムの開発に依存する。超伝導システムは、4~80Kの範囲の温度に保つ必要がある。しかし、そのシステムは、周囲温度で始まり超伝導システムの作業温度に低下する熱漏れから遮蔽する必要がある。液体窒素温度よりも低い冷却は、温度が液体窒素レベルの冷却に比べて低くなるにつれて、過度に高価なものになる。液体窒素レベルの冷却は、比較的成本がかからないが、ほとんどの高温超伝導用途について十分に温度が低いものではない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

よって、本発明の目的は、要する動力が少なく、これより従来利用可能なシステムに比べてコストがかからない高温超伝導装置を冷却する方法を提供するにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記やその他の目的は、当業者にとりこの開示を読む際に明らかになると思ひ、下記である本発明によって達成される：

【0008】

高温超伝導装置を冷却する方法であって、下記：

(A) 高温超伝導温度20~80Kの範囲内の温度で作動する高温超伝導装置を供し；
(B) 第一伝熱手段を冷却して飽和液体窒素の温度を超える第一温度にし、及び冷却された第一伝熱手段を、高温超伝導装置に周囲熱を通させないことによって暖め；並びに
(C) 第二伝熱手段を冷却して高温超伝導温度範囲内の第二温度にし、及び冷却された第二伝熱手段を、高温超伝導装置と熱交換することによって暖めて高温超伝導装置を高温超伝導温度範囲内に保つことを含む方法。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本明細書中で用いる通りの「高温超伝導装置」なる用語は、ケーブル、変圧器、障害電極電流制御装置/リミッタ又は磁石のような電気装置であって、電流の通過に対する電気抵抗が、超伝導温度に保たれる間本質的にゼロに低減されるものを意味する。

【0010】

発明は、高温超伝導装置を必要な温度に保つのに要する動力の低減が、熱を、丁度必要な温度におけるよりもむしろ1よりも高いレベルで除くことによって達成することができ、その上に、そのような要する動力の有意の低減が、最も温度の高いレベルが、大気圧において77Kである飽和液体窒素の温度を超える温度である時に達成されるという知見を含む。

【0011】

発明を図面を参照して詳細に説明することにする。本発明の実施において、高温超伝導装置を作動させるための冷却を発生するのに、任意の有効な冷却システムを採用してよい。図1に例示する発明の実施態様では、採用する冷却システムは、多成分冷媒流体を採用する単一ループシステムである。多成分冷媒システムは、また、一層重質な冷媒成分の凝固を避けるために内部循環ループを有してもよく又は1つよりも多くループを有してよい。多成分冷媒流体は、二種以上の種を含みかつ冷却を生じることができる流体である。本

10

20

30

40

50

発明の実施において用いることができる多成分冷媒流体は、フルオロカーボン、ヒドロフルオロカーボン、ヒドロクロロフルオロカーボン、フルオロエーテル、大気ガス及び炭化水素からなる群より選ぶ種を少なくとも二種含むのが好ましく、例えば、多成分冷媒流体は、二種の異なるフルオロカーボンだけで構成されることができよう。

【0012】

本発明に関して有用な一つの好適な多成分冷媒流体は、フルオロカーボン、ヒドロフルオロカーボン、及びフルオロエーテルからなる群より選ぶ成分を少なくとも一種、並びにフルオロカーボン、ヒドロフルオロカーボン、ヒドロクロロフルオロカーボン、フルオロエーテル、大気ガス及び炭化水素からなる群より選ぶ成分を少なくとも一種含むのが好ましい。

10

【0013】

発明の一つの好適な実施態様では、多成分冷媒流体は、フルオロカーボンだけからなる。発明の別の好適な実施態様では、多成分冷媒流体は、炭化水素だけからなる。発明の別の好適な実施態様では、多成分冷媒流体は、フルオロカーボン及びヒドロフルオロカーボンだけからなる。発明の別の好適な実施態様では、多成分冷媒流体は、フルオロカーボン、フルオロエーテル及び大気ガスだけからなる。発明の別の好適な実施態様では、多成分冷媒流体は、炭化水素及び大気ガスだけからなる。多成分冷媒流体のあらゆる成分は、フルオロカーボン、ヒドロフルオロカーボン、フルオロエーテル、炭化水素又は大気ガスのいずれかであるのが最も好ましい。本発明の実施において用いるための特に好適な多成分冷媒流体の一つを、表1に示す。

20

【0014】

【表1】

表 1

<u>成分</u>	<u>濃度 (モル%)</u>
$C_3F_7-O-CH_3$	2-10
C_3F_8	5-25
CF_4	10-55
Ar	0-30
N_2	1-55
Ne	0-10

30

【0015】

今、図1を参照すると、温度の高い多成分冷媒流体16は、典型的には周囲温度であり、これを圧縮機21を通過させることによって圧縮して通常100~2000絶対ポンド/平方インチ(psi)(0.69~14MPa)の範囲内の圧力にする。生成した圧縮された冷媒流体1を、アフタークーラー50を通すことによって圧縮熱を冷却し、次いで流体2として冷却サイクルの熱交換機システム60の中に通す。図1に例示する発明の実施態様では、熱交換機システム60は、61、62、63、64、65及び66と番号を付け、温度の最も高い(セクション61)から温度の最も低い(セクション66)にわたる6つのモジュール又はセクションを含む。図1では、これらのセクションを分離したセクションとして示すが、これらのセクション内のいくつか又はすべてを共通の構造に組み込むことができることは理解される。

40

【0016】

冷媒流体を熱交換機セクションを通して戻り行程(leg)における加温用多成分冷媒

50

流体と間接熱交換させることによって冷却する。これについては、下記に一層完全に説明することにする。冷却用冷媒流体を熱交換機セクションの間でそれぞれ段々に温度が低下する流れ3、4、5、6及び7と示し、冷却用冷媒流体は、熱交換機システム60から冷却された多成分冷媒流体8として出る。冷却された多成分冷媒流体8を、次いで膨張装置9を通して膨張させて冷却を生じさせる。膨張装置9は、膨張が等エントロピーであるターボエキパンダーにすることができ、又は膨張が等エンタルピーであるジュール-トムソンバルブにすることが出来る。生成した冷却発生多成分冷媒流体10を、次いで冷却サイクルの加温用行程のために熱交換機システム60中に戻して通過させる。図1は、また、発明の例を例示する働きをし、例示する例は、例示の目的で提示するもので、発明を制限することを意図するものでなく、図1において、代表的な又は典型的な温度を例示する実施態様の種々の流体と関連づける。図1に示す通りに、加温用多成分冷媒流体を11、12、13、14及び15と示し、加温用多成分冷媒流体は、温度の高い熱交換機システム61から温度の高い多成分冷媒流体16として出て、60Kから300Kに及ぶ温度を有する。

10

20

30

40

50

【0017】

本発明の実施において、任意の高温超伝導装置を使用してよい。そのような高温超伝導装置の例は、ケーブル、変圧器及び障害電極電流制御装置/リミッタを含む。図1に例示する発明の実施態様では、高温超伝導装置はケーブル70である。高温超伝導装置は、図1に例示する通りに、外層71及び超伝導装置に最も近い内層72を含む断熱の多層で断熱するのが好ましい。図1に例示する実施態様は、更なる断熱の層73を断熱層71と断熱層72との間に位置させる。高温超伝導装置は、20~80Kの高温超伝導範囲内の温度で作動しており、30~65Kの範囲内の温度で作動しているのが好ましい。図1に例示する実施態様の例では、高温超伝導性ケーブル70は、温度約65Kで作動している。

【0018】

図に例示する発明の実施態様は、伝熱手段が熱媒液である好適な実施態様である。本発明の実施において使用することができるその他の伝熱手段は、伝導性ブロックを含む。

【0019】

本発明の実施において使用することができる熱媒液は、大気ガス、炭化水素、フルオロカーボン、ヒドロフルオロカーボン、フルオロエーテル及びヒドロフルオロエーテルからなる群より選ぶ種であるのが好ましい。単一の熱媒液を構成するのに種の混合物を用いてよく、特に単一の熱媒液を、温度レベルの各々で冷却をもたすために使用する時に種の混合物を用いてよく、これは、図2に例示する発明の実施態様がそうである。

【0020】

今、図1に戻って参照すると、第一熱媒液42は、図1に例示する実施態様の例では、温度200Kであり、これをポンプ22で輸送して管路40で第二熱交換機セクション62に通し、そこで、第一熱媒液42を加温(warming)多成分冷媒流体14と間接熱交換させることによって冷却して飽和液体窒素の温度を超える温度、通常100~275Kの範囲内にする。この例では、第一熱媒液を冷却して温度190Kにする。本発明の実施において第一熱媒液として使用することができる流体の例は、 CF_4 、 C_3F_8 、 $C_3F_7-O-CH_3$ 、 CF_4 と C_3F_8 との混合物、及び C_3H_6 と C_4H_{10} との混合物を含む。次いで、冷却された第一熱媒液41を、高温超伝導装置に周囲熱を通させないようにするのに使用する。図1に例示する発明の実施態様では、冷却された第一熱媒液41を断熱されたアセンブリ74の断熱外層71と断熱内層72との間にかつその中を通す。そのプロセスでは、第一伝熱手段は暖められ(加温され)て熱媒液流42を形成し、ポンプ22に循環させる。

【0021】

第二熱媒液48は、図1に例示する実施態様の例では、第一熱媒液と異なる組成を有し、これをポンプ24に通す。本発明の実施において第二熱媒液として使用することができる流体の例は、アルゴン、アルゴンと酸素との混合物、窒素と酸素との混合物、窒素とアルゴンとの混合物、及び N_2 と CF_4 との混合物を含む。図1に例示する実施態様の例では

、流れ48における第二熱媒液は、温度67Kである。第二熱媒液をポンプ24から管路46で第6番目又は最も低温の熱交換機セクション66に通し、そこで、第二熱媒液を加温多成分冷媒流体10と間接熱交換させることによって冷却して高温超伝導範囲内の温度にする。この例では、第二熱媒液を冷却して温度65Kにする。冷却された第二熱媒液47を、次いで、高温超伝導装置と熱交換、直接か又は間接のいずれかの熱交換させることによって加温して高温超伝導装置を高温超伝導範囲内に保つ。図1に例示する発明の実施態様では、冷却された第二熱媒液47を断熱されたアセンブリー74の内側断熱層72と超伝導性ケーブル70との間にかつその中を通す。そのプロセスでは、第二熱媒液は加温されて熱媒液流46を形成し、ポンプ24に循環させる。

【0022】

高温超伝導装置中への熱漏れを冷却された第一熱媒液の温度と冷却された第二熱媒液の温度との中間の1つ以上の温度においてさえぎることができる。図1に例示する発明の実施態様は、そのような1つの中間冷却ループを採用する。この実施態様では、第三熱媒液45は、第一熱媒液及び/又は第二熱媒液と同じ又は異なる組成を有し、これをポンプ23に通す。本発明の実施において第三熱媒液として使用することができる流体の例は、 CF_4 、 CF_4 と C_3F_8 との混合物、 Ar と CF_4 との混合物、 N_2 と Ar との混合物、 N_2 と CF_4 との混合物及び CH_4 と C_2H_6 との混合物を含む。図1に例示する実施態様の例では、流れ45における第三熱媒液は、温度100Kである。第三熱媒液をポンプ23から管路43で第4番目の熱交換機セクション64に通し、そこで、第三熱媒液を加温多成分冷媒流体12と間接熱交換させることによって冷却して冷却された第一熱媒液の温度と冷却された第二熱媒液の温度との中間の温度にする。この例では、第三熱媒液を冷却して温度85Kにする。冷却された第三熱媒液44は、次いで、断熱層71と断熱層73とを通過して漏れる熱によって加温される。図1に例示する発明の実施態様では、冷却された第三熱媒液44を断熱されたアセンブリー74の内側断熱層72と中間の断熱層73との間にかつその中を通す。そのプロセスでは、第三熱媒液は加温されて熱媒液流45を形成し、ポンプ23に循環させる。

【0023】

図2は、単一の熱媒液循環路を使用して冷却を高温超伝導装置に3つの温度レベルでもたらす発明の別の実施態様を例示する。発明のこの実施態様において熱媒液として使用することができる流体の例は、空気、ネオン、 N_2 と CF_4 との混合物、 N_2 と、 CF_4 と、 C_3F_8 との混合物、 N_2 と Ar との混合物、 N_2 と O_2 との混合物及び Ar と O_2 との混合物を含む。この実施態様は、熱媒液を循環路を通して駆動させるのに、図1に例示する実施態様に関して3つの別のポンプを使用するよりもむしろ単一のポンプを採用する。図2の数字は、共通の要素について図1の数字と同じであり、これらの共通の要素については、再び詳細に検討しない。

【0024】

今、図2を参照すると、熱媒液140を加温多成分冷媒流体14と間接熱交換する熱交換機セクション62を通過させることによって冷却して飽和液体窒素の温度を超えかつ通常100~275Kの範囲内の第一温度にする。生成した熱媒液141を分割して流れ150及び流れ52にする。流れ150は、この実施態様では、発明の第一熱媒液であり、これを前に図1に例示する実施態様を参照して記載した通りにして高温超伝導装置について処理する。流れ52をバルブ53を通し、流れ143として加温多成分冷媒流体12と間接熱交換する熱交換機セクション64を通過させることによって冷却して中間温度にする。生成した熱媒液144を分割して流れ51及び流れ54にする。流れ51は、第三熱媒液であり、これを前に図1に例示する実施態様を参照して記載した通りにして高温超伝導装置について処理する。流れ54をバルブ55を通し、流れ146として加温多成分冷媒流体10と間接熱交換する熱交換機セクション66を通過させることによって冷却して高温超伝導範囲内の温度にする。生成した熱媒液147は、この実施態様では、発明の第二熱媒液であり、これを前に図1に例示する実施態様を参照して記載した通りにして高温超伝導装置について処理する。加温された第一及び第三熱媒液を超伝導装置アセンブリー

10

20

30

40

50

7 4 からそれぞれ流れ 1 4 2 及び 1 4 5 で抜き出し、流れ 1 4 2 をバルブ 5 6 を通して流れ 5 7 を形成する。これらの流れを超伝導装置アセンブリー 7 4 からの加温された第二熱媒液を含む流れ 1 4 8 と再び一緒にして結合された熱媒液流れ 1 4 9 を形成してポンプ 1 2 2 を通して熱媒液循環路を完成する。

【 0 0 2 5 】

発明を所定の好適な実施態様に関して詳細に説明したが、当業者ならば、特許請求の範囲の記載の精神及び範囲内の発明のその他の実施態様が存在することを認めるものと思う。例えば、第一伝熱手段及び第二伝熱手段を冷却するための冷却を生じるのに、多成分冷媒流体サイクルの代わりに多段 B r a y t o n 冷却サイクルを使用してもよい。

【 図面の簡単な説明 】

10

【 0 0 2 6 】

【 図 1 】 冷却を、循環多成分冷媒流体を使用して生じ、高温超伝導装置が電気ケーブルあり、超伝導装置を冷却するのに使用する手段が別々の循環路において循環する流体である発明の一つの好適な実施態様の略図である。

【 図 2 】 冷却を、循環多成分冷媒流体を使用して生じ、高温超伝導装置が電気ケーブルあり、超伝導装置を冷却するのに使用する手段が単一のポンプによって駆動する集積循環路において循環する熱媒液である発明の別の好適な実施態様の略図である。

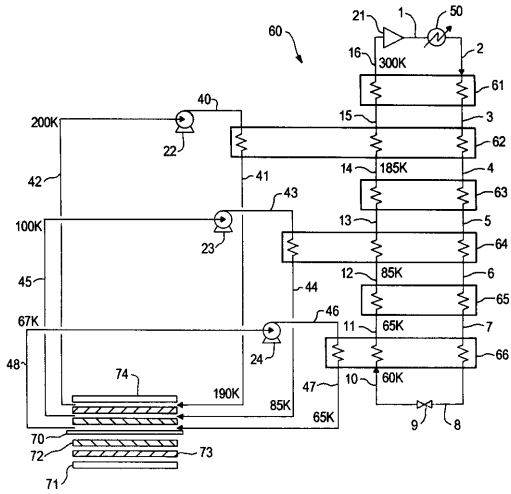
【 符号の説明 】

【 0 0 2 7 】

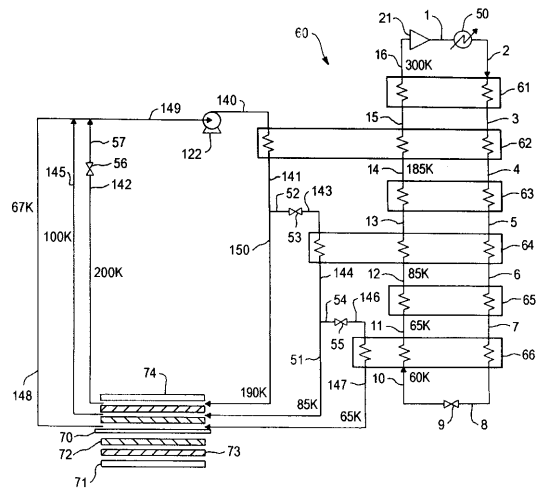
- 9 膨張装置
- 2 1 圧縮機
- 5 0 アフタークーラー
- 6 0 熱交換機システム
- 7 0 ケーブル
- 7 1 断熱外層
- 7 2 断熱内層
- 7 3 断熱の層
- 7 4 超伝導アセンブリー

20

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 アラン・アチャルヤ
アメリカ合衆国ニューヨーク州イースト・アマスト、トワイライト・レイン 8 5
- (72)発明者 ダンテ・パトリック・ボナキスト
アメリカ合衆国ニューヨーク州グランド・アイランド、ランサム・ロード 1 0 3 6
- (72)発明者 ジョン・ヘンリー・ロイアル
アメリカ合衆国ニューヨーク州グランド・アイランド、セトラーズ・ロウ 1 0 2
- Fターム(参考) 3L092 AA14 FA34
4M114 CC02 CC15 DA08 DA33 DA35