

(19)日本国特許庁 ( J P )

# (12)特許公報 ( B 1 )

(11)特許番号

## 特許第3020168号

( P 3 0 2 0 1 6 8 )

(45)発行日 平成12年 3月15日(2000.3.15)

(24)登録日 平成12年 1月14日(2000.1.14)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	
F02B 29/04		F02B 29/04	A
F02C 7/143		F02C 7/143	
F02M 31/20		F02M 31/20	A
F28F 13/02		F28F 13/02	Z

請求項の数 5 (全 4 頁)

(21)出願番号	特願平11 - 107801	(73)特許権者	391012693 宇宙科学研究所長 神奈川県相模原市由野台 3 丁目 1 番 1 号
(22)出願日	平成11年 4月15日(1999.4.15)	(72)発明者	棚次 亘弘 神奈川県相模原市由野台 3 丁目 1 番 1 号 宇宙科学研究所内
審査請求日	平成11年 4月15日(1999.4.15)	(72)発明者	原田 賢哉 神奈川県相模原市高根 2 - 14 - 2 エス テート高根202
		(74)代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦 (外 5 名)
		審査官	佐藤 正浩
		(56)参考文献	特開 平 4 - 77308 ( J P , A )

最終頁に続く

### (54)【発明の名称】低温熱交換器の性能向上方法

1

#### (57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 低温熱交換器の性能を向上させるための方法であって、着霜物質を含有する被冷却気体の流れの中に、伝熱面の流側で前記着霜物質と比べて融点が高い凝縮性気体を混入し、この凝縮性気体を前記着霜物質とともに伝熱面上で凝縮または凝結させることを特徴とする低温熱交換器の性能向上方法。

【請求項 2】 前記被冷却気体は空気であり、前記着霜物質は水蒸気であり、前記凝縮性気体は、分子量 90 以上 120 以下の炭化水素類、炭素数 3 以下の低級アルコール、または酢酸エチルのいずれかであることを特徴とする請求項 1 に記載の低温熱交換器の性能向上方法。

【請求項 3】 前記凝縮性気体は、エチルアルコールであることを特徴とする請求項 2 に記載の低温熱交換器の性能向上方法。

2

【請求項 4】 吸入側のダクト内に、分子量 90 以上 120 以下の炭化水素類、炭素数 3 以下の低級アルコール、または酢酸エチルのいずれかを混入するためのノズルを備えたことを特徴とするエアブリージングエンジン用のプリクーラ。

【請求項 5】 吸入側のダクト内にエチルアルコールを混入するためのノズルを備えたことを特徴とするエアブリージングエンジン用のプリクーラ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低温熱交換器の性能を向上させるための方法に係り、特に、エアブリージングエンジン用のプリクーラに対して最適な熱交換性能の向上方法に関する。

##### 【0002】

10

【従来の技術】空気液化サイクルエンジンや予冷ターボ系エンジンの実用化に際して、高性能なプリクーラ（空気予冷却器）の開発がキーテクノロジーとなっている。この様なプリクーラの開発において、最も懸念されているのが熱交換器の伝熱面における着霜の問題である。

【0003】伝熱面に着霜が起きると、霜層の熱抵抗によって熱伝達性能が低下し、また、空気（主流れ）の流路が狭まることによって、その圧力損失が増大する。特に、極低温状態の伝熱面に形成される霜層は、密度が低く、熱伝導率が小さいので、熱交換器の性能に大きな影響を及ぼす。

【0004】特に、スペースプレーンに使用されるエアブリージングエンジン用のプリクーラにおいて着霜が問題となるのは、加速フェーズにある低高度飛行時であり、この間（数十～数百秒程度）に、エンジンの運転を中断することはできない。即ち、この様な場合には、冷凍・空調用の熱交換器などにおいて採用されている様な間欠的な除霜運転を行うことはできない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、以上の様な従来の低温熱交換器の問題点を鑑み成されたもので、本発明の目的は、エアブリージングエンジン用のプリクーラなどの低温の伝熱面を有する熱交換器において、着霜による熱交換性能の低下を防止するための方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、低温熱交換器の性能を向上させるための方法であって、着霜物質を含有する被冷却気体の流れの中に、伝熱面上流側で前記着霜物質と比べて融点が低い凝縮性気体を混入し、この凝縮性気体を前記着霜物質とともに伝熱面上で凝縮または凝結させることを特徴とする。

【0007】本発明の方法によれば、伝熱面上流側で被冷却気体の流れの中に前記凝縮性気体を混入することによって、前記凝縮性気体を前記着霜物質とともに伝熱面上で凝縮または昇華凝結させる。この様にして形成された霜層には、前記凝縮性気体が凝縮した液体または昇華凝結した固体が含まれているので、前記着霜物質が単独で凝結した場合に形成される霜層と比べて空隙が少なく、密度が高い。空隙の減少に伴い、霜層の熱抵抗が小さくなる。更に、空隙の減少に伴い霜層の厚みが減ることによって、被冷却気体の流れに対する流動抵抗も減少する。これらの結果、着霜に伴う伝熱面の熱交換性能の低下を防止することができる。

【0008】なお、伝熱面上に前記凝縮性気体を、着霜物質と同程度の量、凝縮または昇華凝結させるためには、主流温度と伝熱面温度との間での飽和蒸気量の差が、主流に含まれる着霜物質の量と比べて大きいことが必要である。一方、必要な混入量が増大するのは実用上不利であるので、飽和蒸気量自体は小さい方が望まし

い。低温熱交換器がエアブリージングエンジン用のプリクーラの場合、被冷却気体は空気であり、着霜物質は水蒸気である。この場合、上記の条件を満たす凝縮性気体として、例えば、分子量90から120程度の炭化水素類（トルエン、n-ヘプタン、エチルベンゼン、n-オクタン、イソオクタン）、炭素数3以下の低級アルコール（メタノール、エタノール、プロパノール）、または酢酸エチルなどを挙げるができる。

【0009】

10 【発明の実施の形態】図1に、本発明に基づく低温熱交換器の性能向上方法をエアブリージングエンジン用のプリクーラに適用する場合の模式図を示す。図中、1はプリクーラ、2は伝熱管（伝熱面）、3はダクト（吸入側のダクト）、4はノズル、11は空気（被冷却気体）、12は液体水素（冷媒）、13はエタノール（凝縮性気体）を表す。

20 【0010】エアブリージングエンジン（図示せず）に予冷された空気を送るプリクーラ1の内部には、伝熱管2が配置されている。伝熱管2の内部には、冷媒として液体水素12が供給される。被冷却気体である空気11は、ダクト3を介してプリクーラ1に送られ、プリクーラ1内で冷却された空気は、エアブリージングエンジンの圧縮機に送られる。

30 【0011】ダクト3の途中には、ノズル4が設けられている。このノズル4を介して、ダクト3内の空気中にエタノール13が混入される。混入されたエタノール13は、空気11の主流れに乗ってプリクーラ1の内部に運ばれ、水蒸気とともに伝熱管2の表面上（または伝熱面上に既に成長した霜層内）に凝縮（または昇華凝結）する。この様にして形成された霜層は、水蒸気が単独で凝縮した場合に形成される霜層と比べて空隙が少なく、密度が高い。空隙の減少に伴い、霜層の熱抵抗が小さくなる。更に、空隙の減少に伴い霜層の厚みが減少することによって、空気の主流れに対する流動抵抗も減少する。これらの結果、着霜に伴う伝熱管2の熱交換性能の低下を防止することができる。

40 【0012】なお、エタノールの混入量は、空気11の主流れ中のエタノールの濃度が、伝熱管2の伝熱面温度における飽和濃度以上となる様に設定される。

【0013】

【実施例】図2～図4に、本発明の方法を、一列管群要素熱交換器モデル（伝熱管外径8mm、ピッチ12mm）に適用した場合の、空気の主流れの圧力損失及び熱流束の時間履歴を示す。なお、これらの実験において、主流の流速を3m/s、主流れの温度を293K、主流れ中の水蒸気濃度を $4 \times 10^{-3}$  kg/kgとした。また、主流れに対するエタノールの混入量は、空気1kg当たり4gとした。なお、図中に、比較のため、エタノールを混入しない場合の結果も併せて示した。

50 【0014】図2は、冷媒として液体窒素を用いて伝熱

面温度を 9 0 K とした場合の、主流れの圧力損失係数の時間変化の様子を示したものである。図 3 は、この場合の、熱流速の時間変化の様子を示したものである。主流れにエタノールを混入することによって、エタノールを混入しない従来の場合と比較して、着霜による主流れの圧力損失の増加及び熱流束の低下が大幅に抑制されている。

【 0 0 1 5 】 図 4 は、冷媒として低温窒素ガスを用いて伝熱面温度を 2 0 0 K とした場合の、主流れの圧力損失係数の時間変化の様子を示したものである。図 5 は、この場合の、熱流速の時間変化の様子を示したものである。この場合にも、主流れにエタノールを混入することによって、従来の場合と比較して、着霜による主流れの圧力損失の増加及び熱流束の低下が大幅に抑制されている。

【 0 0 1 6 】 以上の様に、本発明の方法によれば、エタノールの融点 ( 1 5 9 K ) と比べて伝熱面温度が低い場合 ( 9 0 K ; 図 2、図 3 )、及び高い場合 ( 2 0 0 K ; 図 4、図 5 ) のいずれの場合においても、熱交換器の性能が大幅に向上することが確認された。

【 0 0 1 7 】

【発明の効果】本発明の低温熱交換器の性能向上方法によれば、伝熱面上に形成される霜層の密度が増大することによって、熱交換器の熱交換性能が増大するとともに、被冷却気体の主流れの圧力損失が減少する。

【 0 0 1 8 】 本発明の方法は、被冷却気体の流れの中に微量の凝縮性気体を混入するのみなので、比較的簡素な構成によって実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に基づく低温熱交換器の性能向上方法をエアープリージングエンジン用のプリクーラに適用する場合の模式図。

【図 2】一列管群要素熱交換器モデルにおいて、伝熱面温度を 9 0 K とした場合の、主流れの圧力損失係数の時

間変化の様子を示す図。

【図 3】一列管群要素熱交換器モデルにおいて、伝熱面温度を 9 0 K とした場合の、熱流速の時間変化の様子を示す図。

【図 4】一列管群要素熱交換器モデルにおいて、伝熱面温度を 2 0 0 K とした場合の、主流れの圧力損失係数の時間変化の様子を示す図。

【図 5】一列管群要素熱交換器モデルにおいて、伝熱面温度を 2 0 0 K とした場合の、熱流速の時間変化の様子を示す図。

【符号の説明】

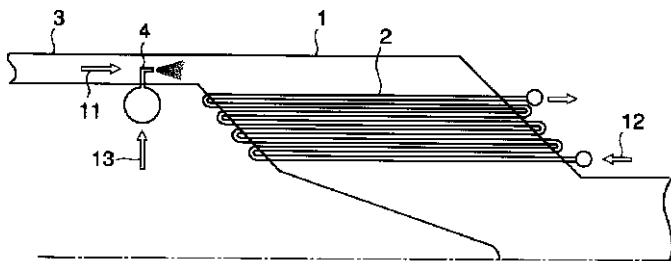
- 1・・・プリクーラ、
- 2・・・伝熱管 (伝熱面)、
- 3・・・ダクト (吸入側のダクト)、
- 4・・・ノズル、
- 1 1・・・空気 (被冷却気体)、
- 1 2・・・液体水素 (冷媒)
- 1 3・・・エタノール (凝縮性気体)。

【要約】

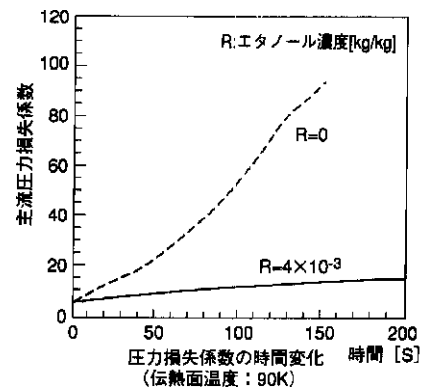
20 【課題】 エアープリージングエンジン用のプリクーラにおいて、着霜による熱交換性能の低下を防止するための方法を提供する。

【解決手段】 プリクーラ 1 の内部には伝熱管 2 が配置され、伝熱管 2 の内部には冷媒として液体水素 1 2 が供給されている。空気 1 1 は、ダクト 3 を介してプリクーラ 1 に送られ、冷却された後、エアープリージングエンジンの圧縮機に送られる。ダクト 3 の途中に設けられたノズル 4 を介して、ダクト 3 内にエタノール 1 3 を混入する。エタノール 1 3 は、プリクーラ 1 の内部に運ばれ、水蒸気とともに伝熱管 2 の表面で凝縮する。この様にして形成された霜層は、水蒸気が単独で凝結した場合に形成される霜層と比べて空隙が少なく、熱抵抗が小さく、厚みも薄い。この結果、着霜に伴う伝熱管 2 の熱交換性能の低下を防止することができる。

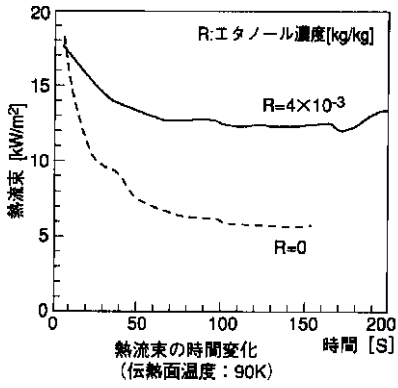
【図 1】



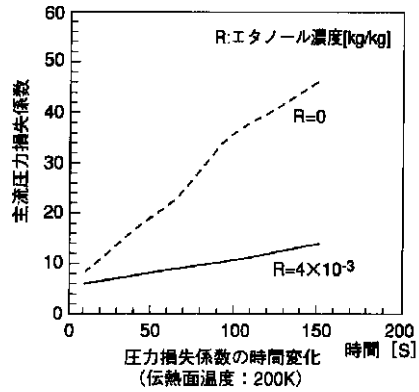
【図 2】



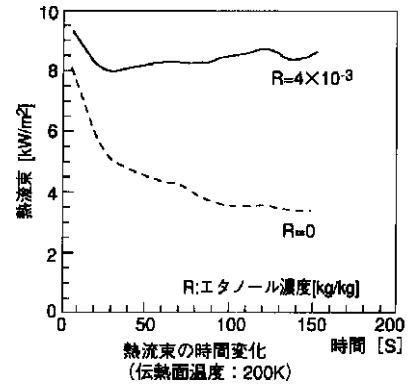
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)

- F02B 29/04
- F02C 7/143
- F02M 31/20
- F28F 13/02