

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6917124号
(P6917124)

(45) 発行日 令和3年8月11日 (2021.8.11)

(24) 登録日 令和3年7月21日 (2021.7.21)

(51) Int. Cl. F I
B 6 4 D 37/34 (2006.01) B 6 4 D 37/34
F 2 5 B 1/00 (2006.01) F 2 5 B 1/00 3 2 1 H

請求項の数 12 外国語出願 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2015-199215 (P2015-199215)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成27年10月7日 (2015.10.7)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2016-107973 (P2016-107973A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成28年6月20日 (2016.6.20)		アメリカ合衆国、60606-2016
審査請求日	平成30年10月5日 (2018.10.5)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(31) 優先権主張番号	14/557, 959	(74) 代理人	100108453
(32) 優先日	平成26年12月2日 (2014.12.2)		弁理士 村山 靖彦
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100133400
			弁理士 阿部 達彦
		(74) 代理人	100163522
			弁理士 黒田 晋平
		(74) 代理人	100154922
			弁理士 崔 允辰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 航空機の中央翼タンク用の冷却システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

航空機の燃料タンクを冷却するためのシステムであって、

燃料タンク (24) 内の燃料 (40) 温度を検知する温度センサ (140) であって、冷却システムが、前記燃料 (40) 温度を制御温度より低く維持する、温度センサ (140) と、

熱交換器 (86) を含む冷却システム (60) であって、前記熱交換器 (86) は、前記燃料タンク (24) の表面と熱的に連通し、かつ前記燃料タンクの最下面 (50) と接触するよう構成された冷却ループ (74) を含み、冷却流体が前記冷却ループ (74) を通って流れることにより前記燃料タンクの表面から熱を奪い前記燃料タンク内の燃料を冷却し、前記冷却ループ (74) は、前記燃料タンク内の燃料と接触していない、冷却システム (60) と、

前記温度センサ (140) 及び前記冷却システムと信号通信する制御モジュール (72) であって、

前記温度センサ (140) を監視する制御ロジックと、

前記燃料 (40) 温度が前記制御温度より高いかどうかを判定する制御ロジックと、

前記燃料 (40) 温度が前記制御温度より高い場合、前記冷却システム (60) を作動させるための作動信号を生成する制御ロジックと、
 を含む制御モジュール (72) と、
 を備えるシステム。

【請求項 2】

前記制御温度が、燃料の引火点、及び前記燃料タンクのアレージ圧力に基づく、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記冷却ループ（74）が、蛇行形状で、前記燃料タンクの最下面（50）に沿って配置されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記制御温度が、所定のマージンとして機能するように、燃料の可燃下限（LFL）温度より低い、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記制御温度が、10℃から32℃までの範囲にわたる、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記熱交換器（86）のすぐ下に配置された遮熱部（150）をさらに備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

冷却空気（160）が、ACパック（30）、及び前記冷却システムの発熱部品の周りに導入される、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記冷却システム（60）が、凝縮器（82）、膨張弁（84）、及び冷媒（94）を備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記冷却流体が、前記冷媒（94）であり、前記冷媒が、前記燃料タンクを冷却するために、前記熱交換器を通して流れる、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記制御モジュール（72）が、前記冷却システム（60）を停止させるための停止信号を生成する制御ロジックを含み、前記温度センサ（140）が、前記燃料（40）温度が下限温度であることを示した場合、前記制御モジュールが、前記停止信号を生成する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記下限温度が、前記制御温度より0℃低い温度から、前記制御温度より5℃低い温度の範囲にわたる、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 12】

請求項 1～11 のいずれか一項に記載のシステムを用いて航空機の中央翼タンクを冷却する方法であって、

前記中央翼タンク（24）内の燃料温度を温度センサ（140）によって検知するステップと、

前記温度センサ（140）を制御モジュール（72）によって監視するステップであって、前記制御モジュール（72）が、前記温度センサ（140）と信号通信する、ステップと、

前記制御モジュール（72）により、前記燃料温度が制御温度より高いかどうかを判定するステップと、

前記燃料温度が前記制御温度より高い場合、前記制御モジュール（72）により、作動信号を生成するステップであって、前記制御モジュール（72）が熱交換器（86）を含む冷却システム（60）と信号通信する、ステップと、

前記作動信号が生成された場合、前記冷却システム（60）を作動させるステップと、

前記冷却システム（60）が作動した場合、冷却流体（94）を前記冷却ループ（74）を通して流すステップと、を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

開示されるシステムは、航空機の燃料温度を制御するシステムに関し、より詳細には、航空機の燃料タンク内に置かれた燃料の温度を、制御温度より低く、かつ下限温度より高く維持する冷却システムに関する。

【背景技術】

【0002】

燃料タンクは、航空機の翼の機外部分に配置される場合があり、翼タンクと呼ばれる。いくつかのタイプの航空機は、翼のそれぞれに配置された、複数のメインタンク、及びリザーブタンクを含む場合がある。航空機はまた、航空機の胴体内に配置された中央翼タンクを含む場合がある。中央翼タンクはまた、ある航空機では、翼の機内部分を占める場合がある。中央翼タンクはまた、熱供給源に近接して配置され得る。中央翼タンクに近接する熱供給源の一例は、空気調節（AC）パックであり、空気調節（AC）パックは、航空機の環境制御システム（ECS）の一部である。航空機は、液体燃料を消費するが、航空機内の燃料タンクはすべて、燃料の上面の上方に、いくらかの量の空気、及び燃料蒸気を含み、これは一般的に、アレージと呼ばれる。比較的長時間の飛行中は、大量の燃料が消費される場合があり、したがって、航空機の燃料タンク内のアレージ容量が増加する。アレージは、酸素、及び燃料蒸気等の反応性成分を含有する場合がある。また、アレージはまた、大気からの他の気体、もしくは蒸気、又は航空機によって生成され、燃料タンク内に送られる他の気体、もしくは蒸気を含み、場合がある。

10

【0003】

ACパック等の熱供給源に中央翼タンクが近接していることにより、航空機の中央翼タンク内に含有される燃料、及び反応性成分の温度が上昇する場合がある。現在入手可能ないくつかのタイプの航空機は、不活性気体を、航空機内の中央翼タンク、及び他の燃料タンクに供給し、これによりアレージの気体組成を変化させる不活性化システムを含む場合がある。しかしながら、当該技術分野では、航空機のアレージ内の反応性成分を管理するための、他のタイプの、簡単で、コストに対する効果が高い手法が、絶えず必要とされている。

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

一態様では、航空機の燃料タンク用の冷却システムが、温度センサと、冷却システムと、制御モジュールとを含む。温度センサは、燃料タンク内の燃料温度を検知する。冷却システムは、燃料温度を、制御温度より低く維持する。冷却システムは、熱交換器を含む。冷却流体が、熱交換器を通して流れ、燃料タンクの表面と、熱的に連通している。制御モジュールは、温度センサ、及び冷却システムと信号通信する。制御モジュールは、温度センサを監視する制御ロジックと、燃料温度が、制御温度より高いかどうかを判定する制御ロジックと、燃料温度が、制御温度より高い場合、冷却システムを作動させるために、作動信号を生成する制御ロジックとを含む。

30

【0005】

別の態様では、航空機の中央翼タンクを冷却する方法が開示される。この方法は、中央翼タンク内の燃料温度を、温度センサによって検知するステップを含む。この方法はまた、温度センサを、制御モジュールによって監視するステップを含む。制御モジュールは、温度センサと信号通信する。この方法は、制御モジュールにより、燃料温度が制御温度より高いかどうかを判定するステップをさらに含む。この方法はまた、燃料温度が制御温度より高い場合、制御モジュールにより、作動信号を生成するステップを含む。この方法は、作動信号が生成された場合、冷却システムを作動させるステップを含む。最後に、この方法は、冷却システムが作動した場合、冷却流体を、熱交換器を通して流すステップを含む。冷却流体は、中央翼タンクの表面と熱的に連通している。

40

【0006】

開示される方法、及びシステムの、他の目的、及び利点が、以下の説明、添付の図面、及び添付の特許請求の範囲から明らかになるであろう。

50

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】中央翼タンクを含む航空機の図である。

【図2】図1に示される中央翼タンク、空気調節（AC）パック、及び中央翼タンク冷却システムの概略図である。

【図3】図2に示される中央翼タンクの最下面の図である。

【図4】遮熱部をさらに含む、図2に示される中央翼タンク冷却システムの、代替的な実施形態の図である。

【図5】冷却空気が、遮熱部と、ACパックとの間を流れることができる、図4に示される中央翼タンク冷却システムの、さらに別の実施形態の図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0008】

図1に示されるように、開示される航空機10は、胴体20、及び翼22を含んでもよい。航空機10はまた、少なくとも部分的に航空機10の胴体20内に、翼22の両方に隣接して配置された、中央翼タンク24を含んでもよい。図1と図2との両方を参照すると、中央翼タンク24は、1つ以上の（図2に示される）空気調節（AC）パック30に近接して配置され得る。ACパック30が、航空機10の外側から引き込まれ、客室34に供給される空気の調節を担う装置であることを、当業者ならば容易に認識するであろう。ACパック30は、航空機10の環境制御システム（ECS）32の一部である場合もある。ECS32は、例えば、気温、圧力、及び湿度等の、航空機10の胴体20内に配置された客室34内の様々なパラメータを制御するために使用され得る。

20

【0009】

ここで図2を見ると、中央翼タンク24は、航空機10（図1）による最終的な消費のために使用される燃料40を含有するか、又は保持するために使用され得る。中央翼タンク24はまた、燃料の表面の上方に、ある容量の気体を含有する場合があります、この気体は、アレージ42と呼ばれる。例えば、図2に示されるような実施形態では、中央翼タンク24内に含有される大部分の燃料40は、燃料40が最小レベル48であるように消費される。したがって、アレージ42が最大容量になる。中央翼タンク24は、ACパック30が、中央翼タンク24内に含有される燃料40の温度を上昇させる熱供給源として機能するように、ACパック30に近接して配置され得る。加熱された燃料40は、中央翼タンク24内で、燃料蒸気44を生み出す場合があります、燃料蒸気44は、気化してアレージ42になる。特に、燃料40は、中央翼タンク24の最下面50に沿って据えられ得る。中央翼タンク24の最下面50は、ACパック30が熱くなり、これにより、中央翼タンク24の最下面50に沿って据えられた燃料40の温度が上昇し得るように、1つ以上のACパック30の隣に位置付けることができる。ACパック30が説明されているが、中央翼タンク24が、例えば客室34（図1）からの熱、航空機10内に配置された他の燃料タンク、又は油圧式熱交換器等の代わりに、航空機10（図1）内の他の熱供給源にさらされる可能性があることを理解されたい。

30

【0010】

中央翼タンク24内に置かれた燃料40の温度を下げるために、中央翼タンク冷却システム60が、中央翼タンク24の最下面50と、ACパック30との間に配置され得る。中央翼タンク24が説明されているが、開示される冷却システムが、航空機10（図1）内に配置された他のタイプの燃料タンクにも適用され得ること、及び本開示が、中央翼タンク24の冷却のみに限定されるものではないことを、当業者ならば容易に認識するであろう。

40

【0011】

中央翼タンク冷却システム60は、燃料40の温度を、以下により詳細に説明される所定の温度、即ち制御温度より低く維持するために使用され得る。制御温度は、燃料40の可燃下限（LFL）温度より低い所定の値であってもよい。制御温度は、燃料40が確実に、LFL温度より低く維持されるように、マージン、またはバッファとして機能するこ

50

とができる。L F L 温度は、燃料 4 0 の引火点と、燃料タンクのアレージ圧力とに依るものであってもよい。中央翼タンク 2 4 が開放型ベント付きタンクである実施形態では、燃料タンクのアレージ圧力は、ほぼその高度における大気圧である。したがって、制御温度はまた、燃料 4 0 の引火点と、燃料タンクのアレージ圧力とに基づく。例えば、1 つの一般的に使用される燃料タイプの L F L 温度が、所与の圧力において、約 3 8 ° C (1 0 0 ° F) である場合、制御温度は、約 1 0 ° C (約 5 0 ° F) から約 3 2 ° C (約 9 0 ° F) までの範囲にわたる可能性がある。しかしながら、所定のマージンのためのこれらの範囲は、本質的に単なる例示的なものであり、修正され得ることを理解されたい。

【 0 0 1 2 】

中央翼タンク冷却システム 6 0 は、冷却ユニット 7 0、及び制御モジュール 7 2 を含んでもよい。図示されるような例示的な実施形態では、冷却ユニット 7 0 は、圧縮機 8 0、凝縮器 8 2、膨張弁 8 4、及び熱交換器 8 6 を含んでもよい。圧縮機 8 0、凝縮器 8 2、膨張弁 8 4、及び熱交換器 8 6 が、相変化冷却システム 9 2 を作り出すことを、当業者ならば認識するであろう。相変化冷却システム 9 2 は、中央翼タンク 2 4 を冷却するために、液体から気体に相変化し、再び液体に戻る、冷媒 9 4 等の冷却流体を使用する。

【 0 0 1 3 】

中央翼タンク冷却システム 6 0 が、中央翼タンク 2 4 を冷却するために冷媒 9 4 が相変化する、相変化に基づく冷却システムのみに限定されるものではないことを理解されたい。その代わり、図に示されるような相変化冷却システム 9 2 が、本質的に単なる例示的なものであり、例えば空気サイクル冷却システム、又は液体冷却システム等の、いかなる他のタイプの冷却システムもまた使用され得ることを当業者ならば容易に認識するであろう。例えば、一手法では、航空機 1 0 の 1 つ以上の主機関から抽出された抽気空気が、中央翼タンク 2 4 を冷却するために使用され得る。その上、冷媒 9 4 が説明されているが、特定のタイプの冷却システムに応じて、中央翼タンク 2 4 から熱を奪うために、いかなる他のタイプの冷却流体もまた使用され得ることを理解されたい。例えば、冷却システムが液体冷却システムである場合は、冷却流体は液体であってもよく、又は冷却システムが空気サイクル冷却システムである場合は、空気等の気体であってもよい。

【 0 0 1 4 】

例示的な相変化冷却システム 9 2 は、圧縮機 8 0 により気体状の冷媒 9 4 を圧縮し、凝縮器 8 2 を通して、気体から熱を放散させ、気体を流体に凝縮し、流体に膨張弁 8 4 を通過させ、かつ流体が、熱交換器 8 6 を通って流れることができるようにすることによって動作する。図 2 に見られるように、冷却空気 9 6 が、凝縮器 8 2 を通じて流れてもよい。冷却空気 9 6 は、凝縮器 8 2 を通って流れる気体から、熱を奪うために使用され得る。冷却空気 9 6 は、航空機 1 0 (図 1) の外側から引き込まれるラム空気であってもよい。代替的に、別の実施形態では、冷却空気 9 6 は、1 つ以上の冷却ファン (不図示) によって生成され得る。

【 0 0 1 5 】

熱交換器 8 6 は、冷却流体が周囲の環境を通して流れ、そこから熱を奪うことを可能にする、いかなるタイプの装置であってもよい。例えば、図示された実施形態では、熱交換器 8 6 は、冷媒 9 4 が、熱を奪いながら、液状から気体状に気化して戻ることを可能にする蒸発器である。図 2 に示されるような実施形態では、気体状の冷媒 9 4 は、圧縮機 8 0 に運び戻される。熱交換器 8 6 は、中央翼タンク 2 4 の最下面 5 0 に沿って配置され得る。熱交換器 8 6 は、中央翼タンク 2 4 内に置かれた燃料 4 0 を冷却するために使用され得る。

【 0 0 1 6 】

ここで図 3 を見ると、中央翼タンク 2 4 の最下面 5 0、及び熱交換器 8 6 が、示されている。熱交換器 8 6 は、冷却ループ 7 4、入口 1 1 0、及び出口 1 1 2 を含んでもよい。膨張弁 8 4 (図 2) を出た冷媒 9 4 は、冷却ループ 7 4 の入口 1 1 0 を通って、熱交換器 8 6 に入る。図 3 に見られるように、冷却ループ 7 4 は、中央翼タンク 2 4 の最下面 5 0 に沿って配置されている。冷媒 9 4 は、液体の状態で、冷却ループ 7 4 を通って流れ、中

中央翼タンク 24 の最下面 50 から熱を奪い、これにより、中央翼タンク 24 (図 2) の燃料 40 を冷却する。言い換えれば、冷媒 94 は、中央翼タンク 24 の最下面 50 と熱的に連通しており、中央翼タンク 24 内に含有される燃料 40 (図 2) の温度を下げ、かつ制御するために使用される。上述のように、冷媒 94 が論じられているが、いかなる他のタイプの冷却流体もまた、中央翼タンク 24 の最下面 50 から熱を奪うために使用され得るということを、当業者ならば容易に認識するであろう。

【0017】

冷却ループ 74 が、中央翼タンク 24 の最下面 50 に沿って配置されているが、冷却ループ 74 がまた、中央翼タンク 24 のいかなる他の表面に沿って配置されてもよいことを当業者ならばまた認識するであろう。しかしながら、ACバック 30 (図 1) は、中央翼タンク 24 のすぐ下で放熱するため、最下面 50 に沿って熱交換器 86 の冷却ループ 74 を配置することにより、最も効果的な冷却が達成できる。

【0018】

図 3 に示されるような例示的な実施形態では、熱交換器 86 の冷却ループ 74 が、蛇行形状で、実質的に中央翼タンク 24 の最下面 50 全体に沿って配置されている。しかしながら、冷却ループ 74 がまた、他の構成で、中央翼タンク 24 の最下面 50 に沿って配置され得ることを理解されたい。例えば、別の実施形態では、冷却ループ 74 は、コイル式の構成で、中央翼タンク 24 の最下面 50 に沿って配置され得る。その上、図 3 は、実質的に中央翼タンク 24 の最下面 50 全体を覆う冷却ループ 74 を示しているが、冷却ループ 74 がまた、中央翼タンク 24 の最下面 50 の一部のみを覆っていてもよいことを当業者ならば認識するであろう。最後に、図に示されるような実施形態では、冷却ループ 74 は、中央翼タンク 24 の最下面 50 に接触している。しかしながら、代替的な実施形態では、冷却ループ 74 がまた、中央翼タンク 24 の最下面 50 に組み込まれるか、又は含有されてもよいことを理解されたい。

【0019】

図 2 に戻ると、制御モジュール 72 が、相変化冷却システム 92、及び温度センサ 140 の両方と、信号通信してもよい。さらに、制御モジュール 72 はまた、航空機の高度、圧力、又は中央翼タンク 24 内の燃料量を示す、航空機信号、スイッチ、又はセンサと通信してもよい。例えば、制御モジュール 72 は、専用の圧力センサを使用して、又は既存の飛行機の高度信号と通信することにより、航空機の高度を監視することができる。温度センサ 140 は、中央翼タンク 24 内の燃料 40 の温度を検知する。温度センサ 140 は、中央翼タンク 24 の最下部分 142 に沿って配置され得る。特に、温度センサ 140 は、ACバック 30 の最も近くに置かれた燃料 40 の温度を検知するために、中央翼タンク 24 内の最下部分 142 に沿って配置され得ることを認識されたい。言い換えれば、温度センサ 140 は、中央翼タンク 24 内に置かれた燃料 40 の最も熱い部分を監視するために、中央翼タンク 24 (又は、適用可能ならば、別のタイプの燃料タンク) 内に配置され得る。温度センサ 140 が、既に中央翼タンク 24 の一部である既存のセンサであってもよいことを当業者ならば容易に認識するであろう。言い換えれば、中央翼タンク冷却システム 60 は、燃料温度を判定するための特化したセンサを必要とせず、したがって、中央翼タンク冷却システム 60 の全体的なコスト、及び複雑性が減少する。

【0020】

制御モジュール 72 は、特定用途向け集積回路 (ASIC)、電子回路、組み合わせ論理回路、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA)、コードを実行する (共用、専用、又はグループ) プロセッサ、又はシステムオンチップ等における、上記のいくつか、もしくはすべての組み合わせを指してもよく、又はこれらの一部であってもよい。制御モジュール 72 は、温度センサ 140 を監視する制御ロジックを含む。温度センサ 140 から燃料 40 の温度を受信することに加えて、制御モジュール 72 はまた、入力された航空機の高度を受信することができる。

【0021】

制御モジュール 72 はまた、燃料温度、及び航空機の高度に基づき、相変化冷却システ

10

20

30

40

50

ム 9 2 を選択的に作動させるための制御ロジックを含む。詳細には、制御モジュール 7 2 は、燃料温度が制御温度より高いか、又は低いかを判定するために、温度センサ 1 4 0 を監視する。制御モジュール 7 2 はまた、燃料 4 0 向けの適切な制御温度を決定するために、航空機の高度を監視する制御ロジックを含む。上述のように、燃料 4 0 の L F L 温度は、燃料タンクのアレージ圧力に基づいており、航空機の高度は、燃料タンクのアレージ圧力を示す。図 2 に示されるような例示的な実施形態では、制御モジュール 7 2 は、圧縮機 8 0 と信号通信しており、燃料温度、及び航空機の高度に基づいて、圧縮機 8 0 を駆動することにより、相変化冷却システム 9 2 を作動させる。しかしながら、冷却システムが液体冷却システム、又は空気サイクル冷却システムである場合は、制御モジュール 7 2 は、冷却流体の流れを制御する、中央翼タンク冷却システム 6 0 の他の部品と通信してもよいことを当業者ならば容易に認識するであろう。

10

【0022】

燃料温度が制御温度より高い場合、制御モジュール 7 2 は、相変化冷却システム 9 2 を作動させる作動信号を送信する制御ロジックを含む。詳細には、図 2 に示されるような実施形態では、圧縮機 8 0 は、作動信号によって駆動され得る。圧縮機 8 0 が駆動すると、中央翼タンク冷却システム 6 0 は、中央翼タンク 2 4 の最下面 5 0 を冷却するために動作することができる。詳細には、相変化冷却システム 9 2 が作動し、圧縮機 8 0 が駆動すると、冷媒 9 4 が、中央翼タンク 2 4 の最下面 5 0 を冷却するために、相変化することができる。

【0023】

20

制御モジュール 7 2 は、中央翼タンク 2 4 内に置かれた燃料 4 0 が下限温度に冷却されるまで、相変化冷却システム 9 2 を動作させ続ける（即ち、圧縮機 8 0 が、駆動したままになる）。下限温度は、燃料の制御温度より低い所定の値であってもよい。例えば、一実施形態では、下限温度は、制御温度より約 0 °C 低い温度から、制御温度より約 5 °C 低い温度までの範囲にわたってもよい。しかしながら、これらの範囲は、本質的に単なる例示的なものであり、システムの制約に応じて修正され得ることを理解されたい。一手法では、燃料 4 0 の下限温度は、中央翼タンク 2 4 内に置かれたいかなる液体の水も凍結することがないように、設定、又は決定され得る。

【0024】

下限温度は、最下面 5 0 が既に十分に冷却された場合、中央翼タンク冷却システム 6 0 が、中央翼タンク 2 4 を冷却し続けたいことを確実にするために使用され得る。したがって、温度センサ 1 4 0 が、燃料 4 0 が下限温度であるか、又は下限温度より低いことを示した場合、制御モジュール 7 2 は、相変化冷却システム 9 2 を停止させるために、停止信号を送信することができる。詳細には、図 2 に示されるような非限定的な実施形態では、停止信号は、圧縮機 8 0 を停止させるために使用され得る。相変化冷却システム 9 2 が停止すると、中央翼タンク冷却システム 6 0 が、中央翼タンク 2 4 の最下面 5 0 を冷却するために動作することはできない。

30

【0025】

例示的な一実施形態では、制御モジュール 7 2 は、中央翼タンク冷却システム 6 0 における、特定のターンオン時間、及びターンオフ時間を決定する、先見的なロジックをさらに含んでもよい。詳細には、制御モジュール 7 2 が、所定期間にわたり、温度センサ 1 4 0 を継続的に監視することにより、燃料 4 0 の加熱速度、又は熱慣性を監視することができる。制御モジュール 7 2 はまた、液体レベルセンサ（不図示）を監視することにより、中央翼タンク 2 4 内の燃料 4 0 の燃料レベルも監視することができる。その後、制御モジュール 7 2 が、燃料 4 0 の熱慣性、及び燃料レベルに基づき、中央翼タンク冷却システム 6 0 の特定のターンオン時間を決定してもよい。さらに、制御モジュール 7 2 はまた、燃料 4 0 の熱慣性、及び燃料レベルに基づき、中央翼タンク冷却システム 6 0 の特定のターンオフ時間を決定してもよい。制御モジュール 7 2 の先見的なロジックにより、燃料 4 0 の燃料レベル、及び加熱速度、又は冷却速度における、リアルタイムの傾向に基づき、圧縮機 8 0 のターンオン時間、及びターンオフ時間を設定することができ、燃料 4 0 の温度

40

50

を、制御温度より低く維持するためのより効率的な手法を、最終的に提供し得ることを、当業者ならば容易に認識するであろう。

【0026】

図4は、中央翼タンク冷却システム60の代替的な実施形態である。詳細には、遮熱部150が、熱交換器86のすぐ下に配置されてもよい。遮熱部150は、例えば、(図2に示される)圧縮機80等の、中央翼タンク冷却システム60の発熱部品によって放射された熱を偏向させるために使用され得る。したがって、遮熱部150は、中央翼タンク24内に配置された燃料40の温度を下げることができる。結果として、中央翼タンク冷却システム60は、作動する頻度が少なくなるか、又はより短時間作動すればよくなる。その上、中央翼タンク冷却システム60を、遮熱部150が含まれない冷却システムと比較した場合、より小さく、かつより小型にすることもできる。

10

【0027】

図5は、遮熱部150を含む中央翼タンク冷却システム60の、さらに別の実施形態である。図5に示されるような実施形態では、冷却空気160が、中央翼タンク冷却システム60の発熱部品(即ち、図2に示される圧縮機80)、及びACパック30の周りに導入され得る。冷却空気160は、中央翼タンク冷却システム60の発熱部品、及びACパック30によって放射される熱を放散するために使用され得る。冷却空気160は、航空機10(図1)の外側から引き込まれるラム空気か、冷却ファン(不図示)によって生成される空気のいずれかであってもよい。冷却空気160がラム空気である場合、遮熱部150が、省略され得ることを理解されたい。冷却空気160は、中央翼タンク24内に配置された燃料40の温度をさらに下げることができる。したがって、中央翼タンク冷却システム60は、作動する頻度が少なくなるか、又はより短時間作動すればよくなる。その上、中央翼タンク冷却システム60を冷却空気160が使用されていない冷却システムと比較した場合、より小さく、かつより小型にすることもできる。

20

【0028】

図を全体的に参照すると、開示された中央翼タンク冷却システムにより、航空機の中央翼タンク内に置かれた燃料の温度を維持するための、比較的簡単な手法を提供することができる。中央翼タンク内の燃料の温度を実質的にLFL温度より低く維持する重要性を当業者ならば容易に理解するであろう。開示された中央翼タンク冷却システムにより、燃料温度が確実に特定の範囲内にあるように、中央翼タンク内の燃料の温度を制御温度に、又は制御温度より低く維持するための、自動化された、コストに対する効果が高い手法が提供される。

30

【0029】

また、本開示は、以下の項目による実施形態を含む。

項目1. 航空機の燃料タンク用の冷却システムであって、

燃料タンク内の燃料温度を検知する温度センサであって、冷却システムが、燃料温度を制御温度より低く維持する、温度センサと、

熱交換器を含む冷却システムであって、冷却流体が、熱交換器を流れるとともに、燃料タンクの表面と熱的に連通している、冷却システムと、

温度センサ及び冷却システムと信号通信する制御モジュールであって、

40

温度センサを監視する制御ロジックと、

燃料温度が、制御温度より高いかどうかを判定する制御ロジックと、

燃料温度が、制御温度より高い場合、冷却システムを作動させるための作動信号を生成する制御ロジックとを含む制御モジュールとを備える冷却システム。

【0030】

項目2. 制御温度が、燃料の引火点、及び燃料タンクのアレイジ圧力に基づく、項目1に記載の冷却システム。

【0031】

項目3. 熱交換器が冷却ループを備え、冷却流体が冷却ループを流れる、項目1に記載の冷却システム。

50

【0032】

項目4．冷却ループが燃料タンクの最下面に接触している、項目3に記載の冷却システム。

【0033】

項目5．冷却ループが燃料タンクの最下面に組み込まれている、項目3に記載の冷却システム。

【0034】

項目6．冷却ループが、蛇行形状で、燃料タンクの最下面に沿って配置されている、項目3に記載の冷却システム。

【0035】

項目7．制御温度が、燃料の可燃下限（LFL）温度より低い所定のマージンである、項目1に記載の冷却システム。

【0036】

項目8．制御温度が、約10℃から約32℃までの範囲にわたる、項目1に記載の冷却システム。

【0037】

項目9．熱交換器のすぐ下に配置された遮熱部をさらに備える、項目1に記載の冷却システム。

【0038】

項目10．冷却空気が、ACパック、及び冷却システムの発熱部品の周りに導入される、項目9に記載の冷却システム。

【0039】

項目11．冷却システムが、凝縮器、膨張弁、及び冷媒を備える、項目1に記載の冷却システム。

【0040】

項目12．冷却流体が、冷媒であり、冷媒が、燃料タンクを冷却するために、熱交換器を通して流れる、項目11に記載の冷却システム。

【0041】

項目13．制御モジュールが、冷却システムを停止させるための停止信号を生成する制御ロジックを含み、温度センサが、燃料温度が下限温度であることを示した場合、制御モジュールが、停止信号を生成する、項目1に記載の冷却システム。

【0042】

項目14．下限温度が、制御温度より約0℃低い温度から、制御温度より約5℃低い温度の範囲にわたる、項目13に記載の冷却システム。

【0043】

項目15．航空機の中央翼タンクを冷却する方法であって、
中央翼タンク内の燃料温度を温度センサによって検知するステップと、
温度センサを制御モジュールによって監視するステップであって、制御モジュールが、温度センサと信号通信する、ステップと、
制御モジュールにより、燃料温度が制御温度より高いかどうかを判定するステップと、
燃料温度が制御温度より高い場合、制御モジュールにより、作動信号を生成するステップであって、制御モジュールが冷却システムと信号通信する、ステップと、
作動信号が生成された場合、冷却システムを作動させるステップと、
冷却システムが作動した場合、冷却流体を熱交換器を通して流すステップであって、冷却流体が、中央翼タンクの表面と熱的に連通している、
ステップとを含む方法。

【0044】

項目16．熱交換器のすぐ下に配置された遮熱部を提供するステップを含む、項目15に記載の方法。

【0045】

項目１７．ＡＣパック、及び冷却システムの発熱部品の周りに、冷却空気を提供するステップを含む、項目１６に記載の方法。

【００４６】

項目１８．温度センサが、燃料温度が下限温度であることを示した場合、制御モジュールにより、停止信号を生成するステップを含み、停止信号が、冷却システムを停止させる、項目１５に記載の方法。

【００４７】

項目１９．熱交換器の一部である冷却ループを備え、冷却流体が、冷却ループを通して流れる、項目１５に記載の方法。

【００４８】

10

項目２０．冷却ループが、中央翼タンクの最下面に接触するか、中央翼タンクの最下面に組み込まれるかのいずれかである、項目１９に記載の方法。

【００４９】

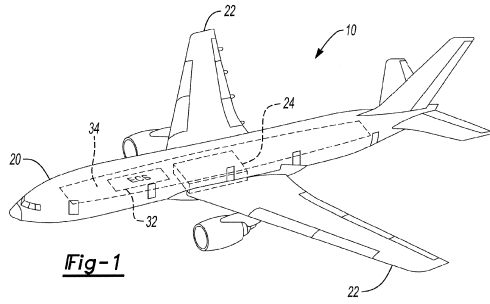
本明細書に説明される装置、及び方法の形態が、本開示の好ましい態様を構成するが、本開示は、装置、及び方法のこれらの精密な形態に限定されるものではなく、本開示の範囲から逸脱することなく、変更がなされ得ることを理解されたい。

【符号の説明】

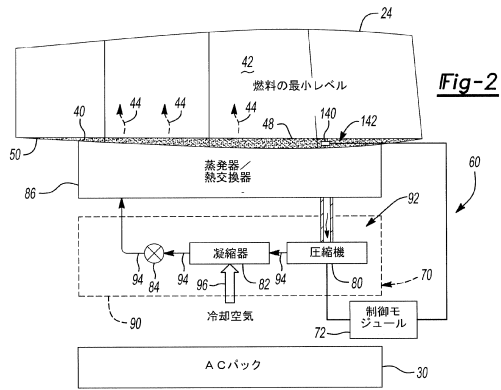
【００５０】

１０	航空機	
２０	胴体	20
２２	翼	
２４	中央翼タンク	
３０	ＡＣパック	
３４	客室	
４０	燃料	
４２	アレージ	
４４	燃料蒸気	
４８	最小レベル	
５０	最下面	
６０	中央翼タンク冷却システム	30
７０	冷却ユニット	
７２	制御モジュール	
７４	冷却ループ	
８０	圧縮機	
８２	凝縮器	
８４	膨張弁	
８６	熱交換器	
９２	相変化冷却システム	
９４	冷媒	
９６	冷却空気	40
１１０	入口	
１１２	出口	
１４０	温度センサ	
１４２	最下部分	
１５０	遮熱部	
１６０	冷却空気	

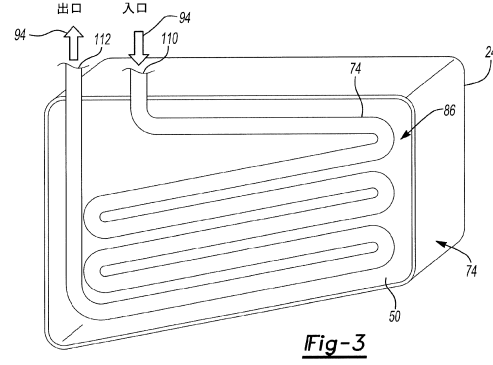
【図 1】



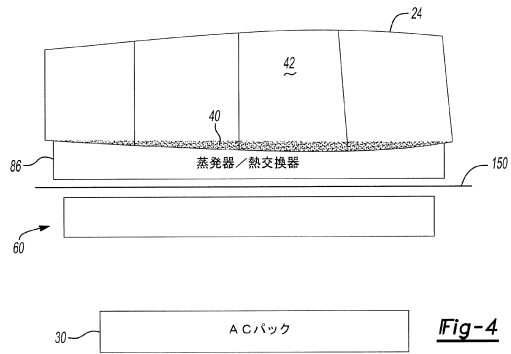
【図 2】



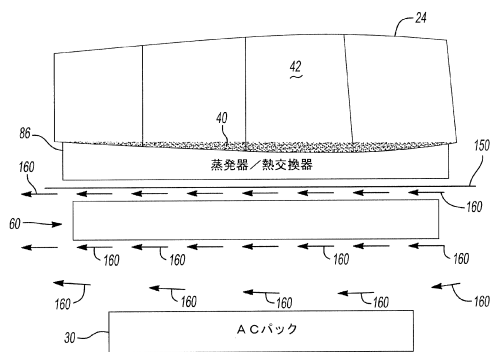
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 ブラッドフォード・エー・モラヴェク
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６－２０１６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・
１００
- (72)発明者 ロドニー・エヌ・グラハム
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６－２０１６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・
１００
- (72)発明者 アラン・グリム
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６－２０１６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・
１００
- (72)発明者 パトリック・ジェイ・マルヴァニー
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６－２０１６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・
１００
- (72)発明者 ディヴィッド・エー・アドキンズ・セカンド
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６－２０１６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・
１００
- (72)発明者 エリック・シー・オルソン
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６－２０１６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・
１００
- (72)発明者 アイヴァーナ・ジョジク
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６－２０１６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・
１００
- (72)発明者 マーク・エム・ソーントン
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６－２０１６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・
１００
- (72)発明者 ジャンーフィリップ・エー・ベリエール
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６－２０１６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・
１００

審査官 志水 裕司

- (56)参考文献 米国特許出願公開第２０１０／０１０８８１１（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００７／０１９３２９１（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１１／０２９０９４３（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 4 D 3 7 / 0 2
B 6 4 D 3 7 / 3 2
B 6 4 D 3 7 / 3 4
F 2 5 B 1 / 0 0