

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6543636号
(P6543636)

(45) 発行日 令和1年7月10日(2019.7.10)

(24) 登録日 令和1年6月21日(2019.6.21)

(51) Int. Cl.	F I
FO2C 7/052 (2006.01)	FO2C 7/052
FO2C 7/05 (2006.01)	FO2C 7/05
FO1D 25/00 (2006.01)	FO1D 25/00 R
FO2C 3/30 (2006.01)	FO2C 3/30 B
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00 F

請求項の数 40 (全 53 頁)

(21) 出願番号 特願2016-546883 (P2016-546883)
 (86) (22) 出願日 平成26年10月2日(2014.10.2)
 (65) 公表番号 特表2016-535835 (P2016-535835A)
 (43) 公表日 平成28年11月17日(2016.11.17)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/058865
 (87) 国際公開番号 W02015/051146
 (87) 国際公開日 平成27年4月9日(2015.4.9)
 審査請求日 平成29年10月2日(2017.10.2)
 (31) 優先権主張番号 61/885,777
 (32) 優先日 平成25年10月2日(2013.10.2)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 61/900,749
 (32) 優先日 平成25年11月6日(2013.11.6)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 516100159
 エアロコア テクノロジーズ エルエルシ
 ー
 アメリカ合衆国 46268 インディア
 ナ、インディアナポリス、ピーオー ボッ
 クス 68607
 (74) 代理人 110000855
 特許業務法人浅村特許事務所
 (72) 発明者 サエズ、ジョルジ、アイヴァン
 アメリカ合衆国 46268 インディア
 ナ、インディアナポリス、ピーオー ボッ
 クス 68607
 審査官 高吉 続久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ジェット・エンジンのクリーニング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

空気発泡された水溶性液体クリーニング剤を航空機に設けられたガス・タービン・エンジンに提供するためのシステムであって、該ガス・タービン・エンジンは入口および圧縮機を有し、前記システムは、

周囲圧力よりも大きい圧力で空気を提供する空気ポンプと、

圧力により前記水溶性液体クリーナを提供する液体ポンプと、

前記空気ポンプから空気を受け取る空気入口と、前記液体ポンプから液体を受け取る液体入口と、泡出口とを有する核生成デバイスであって、前記加圧された空気と前記液体とを乱流的に混合して泡を形成する核生成デバイスと、

泡導管を通して前記泡を受け取るノズルであって、前記ノズルは、非噴霧式であって、泡の低速流を前記ガス・タービン・エンジンの前記入口または前記圧縮機へ送出するように適合され構成されるノズルと

を備え、

前記核生成デバイスが空気加圧されたプレナムを備え、該プレナムは、複数の空気流開口を有し、前記液体の流れが供給されるチャンバ内に配置され、前記開口は、空気を前記液体流に放出して前記泡を形成するようになっている、システム。

【請求項2】

前記核生成デバイスによって受け取られる前記空気が、約10psigを超え且つ約120psig未満の圧力を有し、前記核生成デバイスによって受け取られる前記液体が、約

10 p s i g 超え且つ約 1 2 0 p s i g 未満の圧力を有するようになっている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記泡の低速流が、約 9 1 . 4 4 c m (約 3 フィート) 毎秒超え且つ約 4 5 7 . 2 c m (約 1 5 フィート) 毎秒未満の速度を有する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記ノズルは、前記泡の流れを前記ガス・タービン・エンジンの抽気ダクト、又は前記ガス・タービン・エンジンに装着されたチューブのマニホールドのうちの 1 つに提供するように適合され構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記泡の低速流が、略一定の直径を有する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記ノズルが第 1 の流れ面積を有し、前記導管が第 2 の流れ面積を有し、前記第 1 の流れ面積は、前記第 2 の流れ面積とほぼ同じである、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記泡出口が第 1 の流れ面積を有し、前記導管が第 2 の流れ面積を有し、前記第 1 の流れ面積が、前記第 2 の流れ面積とほぼ同じである、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記ノズルが、合計流れ面積を有する 1 つ又は複数のノズルであり、前記泡出口が出口面積を有し、前記出口面積は、前記合計流れ面積とほぼ同じである、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

空気発泡された水溶性液体クリーニング剤を航空機に設けられたガス・タービン・エンジンに提供するためのシステムであって、該ガス・タービン・エンジンは入口および圧縮機を有し、前記システムは、

周囲圧力よりも大きい圧力で空気を提供する空気ポンプと、

圧力により前記水溶性液体クリーナを提供する液体ポンプと、

前記空気ポンプから空気を受け取る空気入口と、前記液体ポンプから液体を受け取る液体入口と、泡出口とを有する核生成デバイスであって、前記加圧された空気と前記液体とを乱流的に混合して泡を形成する核生成デバイスと、

泡導管を通して前記泡を受け取るノズルであって、前記ノズルは、非噴霧式であって、泡の低速流を前記ガス・タービン・エンジンの前記入口または前記圧縮機へ送出するように適合され構成されるノズルと

を備え、

前記核生成デバイスが、加圧された空気を加圧された液体と混合チャンバ内で混合するようになっている、

前記核生成デバイスが、前記混合チャンバの下流側に、前記ノズルにより受け取られた泡のセルサイズを成長させるセル成長チャンバを備える、システム。

【請求項 10】

前記核生成デバイスによって受け取られる前記空気が、約 1 0 p s i g 超え且つ約 1 2 0 p s i g 未満の圧力を有し、前記核生成デバイスによって受け取られる前記液体が、約 1 0 p s i g 超え且つ約 1 2 0 p s i g 未満の圧力を有するようになっている、請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記泡の低速流が、約 9 1 . 4 4 c m (約 3 フィート) 毎秒超え且つ約 4 5 7 . 2 c m (約 1 5 フィート) 毎秒未満の速度を有する、請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記ノズルは、前記泡の流れを前記ガス・タービン・エンジンの抽気ダクト、又は前記ガス・タービン・エンジンに装着されたチューブのマニホールドのうちの 1 つに提供するように適合され構成されている、請求項 9 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記泡の低速流が、略一定の直径を有する、請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記ノズルが第 1 の流れ面積を有し、前記導管が第 2 の流れ面積を有し、前記第 1 の流れ面積は、前記第 2 の流れ面積とほぼ同じである、請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記泡出口が第 1 の流れ面積を有し、前記導管が第 2 の流れ面積を有し、前記第 1 の流れ面積が、前記第 2 の流れ面積とほぼ同じである、請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 16】

前記ノズルが、合計流れ面積を有する 1 つ又は複数のノズルであり、前記泡出口が出口面積を有し、前記出口面積は、前記合計流れ面積とほぼ同じである、請求項 9 に記載のシステム。

10

【請求項 17】

空気発泡された水溶性液体クリーニング剤を航空機に設けられたガス・タービン・エンジンに提供するためのシステムであって、該ガス・タービン・エンジンは入口および圧縮機を有し、前記システムは、

周囲圧力よりも大きい圧力で空気を提供する空気ポンプと、

圧力により前記水溶性液体クリーナを提供する液体ポンプと、

前記空気ポンプから空気を受け取る空気入口と、前記液体ポンプから液体を受け取る液体入口と、泡出口とを有する核生成デバイスであって、前記加圧された空気と前記液体とを乱流式に混合して泡を形成する核生成デバイスと、

20

泡導管を通して前記泡を受け取るノズルであって、前記ノズルは、非噴霧式であって、泡の低速流を前記ガス・タービン・エンジンの前記入口または前記圧縮機へ送出するように適合され構成されるノズルと

を備え、

前記核生成デバイスが、加圧された空気を加圧された液体と混合チャンバ内で混合するようになっており、

前記核生成デバイスが、前記混合チャンバの下流側に、前記ノズルにより受け取られた混合された泡の乱流を低減させる乱流低減チャンバを備える、システム。

【請求項 18】

前記核生成デバイスによって受け取られる前記空気が、約 10 p s i g 超え且つ約 120 p s i g 未満の圧力を有し、前記核生成デバイスによって受け取られる前記液体が、約 10 p s i g 超え且つ約 120 p s i g 未満の圧力を有するようになっている、請求項 17 に記載のシステム。

30

【請求項 19】

前記泡の低速流が、約 91.44 c m (約 3 フィート) 毎秒超え且つ約 457.2 c m (約 15 フィート) 毎秒未満の速度を有する、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 20】

前記ノズルは、前記泡の流れを前記ガス・タービン・エンジンの抽気ダクト、又は前記ガス・タービン・エンジンに装着されたチューブのマニホールドのうちの 1 つに提供するように適合され構成されている、請求項 17 に記載のシステム。

40

【請求項 21】

前記泡の低速流が、略一定の直径を有する、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 22】

前記ノズルが第 1 の流れ面積を有し、前記導管が第 2 の流れ面積を有し、前記第 1 の流れ面積は、前記第 2 の流れ面積とほぼ同じである、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記泡出口が第 1 の流れ面積を有し、前記導管が第 2 の流れ面積を有し、前記第 1 の流れ面積が、前記第 2 の流れ面積とほぼ同じである、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 24】

50

前記ノズルが、合計流れ面積を有する1つ又は複数のノズルであり、前記泡出口が出口面積を有し、前記出口面積は、前記合計流れ面積とほぼ同じである、請求項17に記載のシステム。

【請求項25】

空気発泡された水溶性液体クリーニング剤を航空機に設けられたガス・タービン・エンジンに提供するためのシステムであって、該ガス・タービン・エンジンは入口および圧縮機を有し、前記システムは、

周囲圧力よりも大きい圧力で空気を提供する空気ポンプと、

圧力により前記水溶性液体クリーナを提供する液体ポンプと、

前記空気ポンプから空気を受け取る空気入口と、前記液体ポンプから液体を受け取る液体入口と、泡出口とを有する核生成デバイスであって、前記加圧された空気と前記液体とを乱流的に混合して泡を形成する核生成デバイスと、

泡導管を通して前記泡を受け取るノズルであって、前記ノズルは、非噴霧式であって、泡の低速流を前記ガス・タービン・エンジンの前記入口または前記圧縮機へ送出するように適合され構成されるノズルと

を備え、

前記核生成デバイスが、液体を第1の方向に流し、第1の方向とは少なくとも部分的に反対の速度成分を有する第2の方向にガスを注入するようになっている、システム。

【請求項26】

前記核生成デバイスによって受け取られる前記空気が、約10psigを超え且つ約120psig未満の圧力を有し、前記核生成デバイスによって受け取られる前記液体が、約10psigを超え且つ約120psig未満の圧力を有するようになっている、請求項25に記載のシステム。

【請求項27】

前記泡の低速流が、約91.44cm(約3フィート)毎秒を超え且つ約457.2cm(約15フィート)毎秒未満の速度を有する、請求項25に記載のシステム。

【請求項28】

前記ノズルは、前記泡の流れを前記ガス・タービン・エンジンの抽気ダクト、又は前記ガス・タービン・エンジンに装着されたチューブのマニホールドのうちの1つに提供するように適合され構成されている、請求項25に記載のシステム。

【請求項29】

前記泡の低速流が、略一定の直径を有する、請求項25に記載のシステム。

【請求項30】

前記ノズルが第1の流れ面積を有し、前記導管が第2の流れ面積を有し、前記第1の流れ面積は、前記第2の流れ面積とほぼ同じである、請求項25に記載のシステム。

【請求項31】

前記泡出口が第1の流れ面積を有し、前記導管が第2の流れ面積を有し、前記第1の流れ面積が、前記第2の流れ面積とほぼ同じである、請求項25に記載のシステム。

【請求項32】

前記ノズルが、合計流れ面積を有する1つ又は複数のノズルであり、前記泡出口が出口面積を有し、前記出口面積は、前記合計流れ面積とほぼ同じである、請求項25に記載のシステム。

【請求項33】

空気発泡された水溶性液体クリーニング剤を航空機に設けられたガス・タービン・エンジンに提供するためのシステムであって、該ガス・タービン・エンジンは入口および圧縮機を有し、前記システムは、

周囲圧力よりも大きい圧力で空気を提供する空気ポンプと、

圧力により前記水溶性液体クリーナを提供する液体ポンプと、

前記空気ポンプから空気を受け取る空気入口と、前記液体ポンプから液体を受け取る液体入口と、泡出口とを有する核生成デバイスであって、前記加圧された空気と前記液体と

10

20

30

40

50

を乱流式に混合して泡を形成する核生成デバイスと、

泡導管を通して前記泡を受け取るノズルであって、前記ノズルは、非噴霧式であって、泡の低速流を前記ガス・タービン・エンジンの前記入口または前記圧縮機へ送出するように適合され構成されるノズルと

を備え、

前記核生成デバイスが空気加圧されたプレナムを備え、該プレナムは、複数の空気流開口を有し、前記液体の流れが供給されるチャンバ内に配置され、前記開口は、加圧された空気を前記液体流に放出して前記泡を形成するようになっている、システム。

【請求項 34】

前記核生成デバイスによって受け取られる前記空気が、約 10 p s i g 超え且つ約 1 2 0 p s i g 未満の圧力を有し、前記核生成デバイスによって受け取られる前記液体が、約 1 0 p s i g 超え且つ約 1 2 0 p s i g 未満の圧力を有するようになっている、請求項 3 3 に記載のシステム。

10

【請求項 35】

前記泡の低速流が、約 9 1 . 4 4 c m (約 3 フィート) 毎秒超え且つ約 4 5 7 . 2 c m (約 1 5 フィート) 毎秒未満の速度を有する、請求項 3 3 に記載のシステム。

【請求項 36】

前記ノズルは、前記泡の流れを前記ガス・タービン・エンジンの抽気ダクト、又は前記ガス・タービン・エンジンに装着されたチューブのマニホールドのうちの 1 つに提供するように適合され構成されている、請求項 3 3 に記載のシステム。

20

【請求項 37】

前記泡の低速流が、略一定の直径を有する、請求項 3 3 に記載のシステム。

【請求項 38】

前記ノズルが第 1 の流れ面積を有し、前記導管が第 2 の流れ面積を有し、前記第 1 の流れ面積は、前記第 2 の流れ面積とほぼ同じである、請求項 3 3 に記載のシステム。

【請求項 39】

前記泡出口が第 1 の流れ面積を有し、前記導管が第 2 の流れ面積を有し、前記第 1 の流れ面積が、前記第 2 の流れ面積とほぼ同じである、請求項 3 3 に記載のシステム。

【請求項 40】

前記ノズルが、合計流れ面積を有する 1 つ又は複数のノズルであり、前記泡出口が出口面積を有し、前記出口面積は、前記合計流れ面積とほぼ同じである、請求項 3 3 に記載のシステム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明のさまざまな具体例は、燃焼チャンバを含むガス経路を含むデバイスをクリーニングするための装置及び方法に関するものであり、詳細には、ガス・タービン・エンジンをクリーニングするための装置及び方法に係るものである。

【背景技術】

【0002】

40

タービン・エンジンは、エネルギーを抽出して広範囲の段階を通過して経て動力を供給する。エネルギーは、蒸気から燃料燃焼までにわたることができる。引き出された動力は、次いで、電気、推進力、又は一般的な動力に利用される。タービンは、流体及びガスの流れを使用可能なエネルギーに変換することによって、ヘリコプタ、航空機、タンク、動力装置、船舶、特殊車両、都市などに動力を供給するように作用する。使用時、そのデバイスのガス経路は、破片及び鉱物、砂、埃、煤煙、炭素などの汚染物質により汚染されていく。汚染されると、装置の性能は劣化し、保全作業及びクリーニングが必要になる。

【0003】

タービンは、ジェット・エンジン、工業タービン又は地上及び船舶上の航空転用式ユニットなどの数多くの形態が周知である。航空機又はヘリコプタのエンジンなどの装置の内

50

部表面は、汚染材料が蓄積し、それによってエンジンの空気流を阻害させ、性能を悪化させる。このために、燃料消費が増大し、エンジン寿命が短縮し、利用可能な動力が減少する。

【0004】

エンジンを正常に維持し、性能を回復させるための最も簡単な手段及び最もコスト効果の高い手段は、エンジンを適切にクリーニングすることである。ミスト、スプレ、及び蒸気システムなどの数多くの方法が利用できる。しかし、このすべては、エンジンガス経路全体を通して又は深く到達することはできない。

【0005】

エンジンの遠隔測定又は診断ツールが、エンジンの健全性を監視するための日常的機能になっている。しかし、そのようなツールを用いて泡エンジン・クリーニングによる改善を監視し、誘引し又は定量化することは、これまで利用されていなかった。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明のさまざまな具体例は、そのような動力装置のクリーニングのための新規且つ非自明の方法及び装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

泡材料が、オフライン中、タービン装置のガス経路入口に導入される。泡は、内部表面をコーティング及び内部表面に接触して、汚染材料を擦り取り、除去し、装置から運び去る。

【0008】

本発明の1つの態様は、クリーニング剤を発泡させるための装置に関する。一部の具体例は、第1の流れ部分、第2の流れ部分、及び第3の流れ部分を有する内部流路と、ガス入口と、クリーニング剤のための液体入口と、泡出口を画定するハウジングを含む。第1の流れ部分は、ガス入口から圧力下のガスを受け取り、複数の開口を含むように適合され構成されたガス・プレナムを含み、ガス・プレナムとハウジングの内部とが、液体及びガスの第1の泡を提供する混合領域を形成する。第2の流れ部分は、第1の泡を受け取り、セルの付着及び融合のための表面領域を有するように適合され構成された泡成長マトリクスを通過するように第1の泡を流す。第3の流れ部分は、セルの少なくとも一部のサイズを低減させるように適合され構成された、第1の部分又は第2の部分の下流側の泡構造化部材を通るように第2の泡を流す。本発明のさらに他の具体例は、さまざまな他の核生成デバイスにおいて、第1の部分のみ、又は第1及び第2の部分、又は第1及び第3の部分のみを有するハウジングを企図されることが理解される。

【0009】

本発明の別の態様は、液体クリーニング剤を発泡させる方法に関する。一部の具体例は、第1の泡を形成するために液体クリーニング剤及び加圧されたガスを混合することを含む。他の具体例は、第2の泡を形成するために第1の泡を部材又はマトリクスに流し、第1の泡のセルのサイズを増大させることを含む。さらに他の具体例は、第3の泡を形成するためにメッシュ又は1つ又は複数の開口付きプレートなどの構造を通るように第2の泡を流し、第2の泡のセルのサイズを低減させることを含む。

【0010】

本発明のさらに別の態様は、空気発泡された液体クリーニング剤を提供するためのシステムに関する。他の具体例は、周囲圧力よりも大きい圧力で、空気又はガスを提供する空気ポンプ又は加圧されたガス・リザーバ、および圧力をかけて液体を提供する液体ポンプを備える。さらに他の具体例は、加圧された空気を受け入れる核生成デバイスと、加圧された液体を受け取る液体入口と、泡出口とを含み、核生成デバイスは、加圧された空気及び液体を乱流式に混合して泡を形成する。さらに他の具体例は、泡導管を通して泡を受け取るノズルを含み、ノズル及び導管の内部通路は、泡の乱流を増大させないように適合さ

10

20

30

40

50

れ構成され、ノズルは、泡の低速流を送出するように適合され構成される。

【0011】

さらに別の態様は、空気発泡された液体クリーニング剤を航空機に設置されたジェット・エンジンの入口に供給する方法に関する。一部の具体例は、加圧された液体クリーニング剤源と、空気ポンプと、乱流混合チャンバと、非噴霧式供給開口とを提供することを含む。他の具体例は、加圧された空気を加圧された液体と混合チャンバ内で混合し、泡の供給体を形成することを含む。さらに他の具体例は、泡の供給体を、入口を通して、又は開口からエンジンに取り付けられたさまざまな管を通して、設置されたエンジン内に流入させることを含む。

【0012】

本発明のさらに別の態様は、水溶性液体クリーニング剤を発泡させるための装置に関する。一部の具体例は、加圧されたガスを流れる水溶性液体と混合して泡を形成するための手段を含む。他の具体例は、泡のセルのサイズを成長させるための手段と、成長したセルのサイズを低減させるための手段とを含む。

【0013】

本発明のさまざまな具体例では、クリーニング作動後の流出物が、収集され評価される。この評価は、特定の金属又は化合物が流出物内に存在するか否かを含む、流出物の内容物のオンサイト分析を含むことができる。この評価の結果に基づき、さらなるクリーニングが適切であるか否かに関して決定がなされる。

【0014】

本発明のさらに別の具体例は、クリーニング作業の効果を評価する方法に関し、この評価は、契約の条件を評価するために使用される。一例として、契約は、エンジン製造者によって航空機のオペレータ又は所有者に提供されたエンジン品質保証の条件に関することができる。さらに別の具体例では、評価は、エンジン・クリーニングの作動自体に関する契約条件を評価するために使用できる。さらに別の具体例では、エンジンに対するクリーニング効果の評価は、このエンジンのFFA保全基準を確立することに対してエンジンを評価するために使用できる。

【0015】

1つの具体例では、評価方法は、約2カ月以上の間、民間飛行環境においてエンジンを作動させることを含む。一部の具体例では、この作動は、1日あたり複数回の飛行、及び1カ月あたり最大7日間の航空機の使用を含み得ることが予想される。方法は、さらに、使用されたエンジンを作動させ、ベースライン特性を確立することを含む。一部の具体例では、ベースライン特性は、特定の推進力レベル、エンジン圧力比、又はロータ速度における燃料消費率である。一部の代替策では、方法は、このベースライン・データを環境大気特性に合わせて修正することを含む。さらに他の具体例では、ベースライン・パラメータは、0rpmからアイドリング速度までのエンジンの起動の間の経過時間である。さらに別の具体例では、使用されたエンジンのベースライン評価は、次の方法、すなわちエンジンの最初の起動を実行し、エンジンを中断し、所定の時間期間の間（燃料の燃焼無しで）スタータ上でエンジンを自走させ、自走させた後、第2のエンジン起動を実行し、第2のエンジン起動時間をベースライン起動時間として使用する方法における、エンジン起動時間の評価を含む。

【0016】

この方法は、さらに、エンジンをクリーニングすることを含む。エンジンのこのクリーニングは、1つ又は複数の連続クリーニング・サイクルを含むことができる。エンジンがクリーニングされた後、ベースライン試験法が繰り返される。（クリーニングされたエンジンの）この第2の試験結果は、（受け取られたときの、使用されたエンジンの）ベースライン試験結果と比較され、エンジン特性における変化が、契約保証に対して評価される。1つの例として、クリーニング装置のオペレータは、クリーニング方法によってなされる改善に関して、航空機の所有者又はオペレータに契約条件を提示していることがある。さらに、別の具体例では、クリーニング方法によって提供されたデルタ改善（又は代替的

10

20

30

40

50

には、それ自体で考慮されるクリーニングされたエンジンの試験結果)が、エンジンの製造者(又はエンジンの以前のオーバーホールを実行した設備又はエンジンのライセンス契約者)との間の契約保証と比較されてクリーニングされたエンジンがこれらの契約条件を満たすか否かを評価できる。

【0017】

さらに別の具体例では、ベースライン試験が使用されるエンジン上で実行されるクリーニング方法が存在し、エンジンはクリーニングされ、ベースライン試験が、2回実行される。ベースライン試験と清浄なエンジン試験の比較は、理由の如何に問わず使用できる。

【0018】

さらに、他の具体例では、クリーニング方法は、エンジンがクリーニング・サイクル内で作動される手順を含み、このクリーニング・サイクル(又は異なるクリーニング・サイクル)は、その後、エンジンに適用される。好ましくは、クリーニング薬剤は、比較的低い回転速度、好ましくはそのエンジンの通常のアイドリング速度の約半分未満でエンジンに提供される。

10

【0019】

さらに別の具体例では、略鉛直に支持されたこれらのエンジンなどでは、クリーニング薬剤が、エンジンが静止している(すなわち0rpmの)ときにエンジンに適用できる。十分な量の薬剤を適用した後、エンジンは、次いで、任意の速度で回転させることができ、その後クリーニング薬剤を洗い流すことができる。

【0020】

本発明のさらに他の具体例は、クリーニング薬剤の温度の操作及び/又はクリーニングされているエンジンの温度の操作を含む、エンジンをクリーニングするための方法に関する。1つの具体例では、クリーニング・システムは、クリーニング泡を形成する前にクリーニング薬剤を加熱するように適合され構成されたヒータを含む。さらに別の具体例では、方法は、クリーニング液体と共に泡を形成するために使用される空気を加熱するためのヒータを含む。さらに別の具体例では、クリーニング装置は、加熱された周囲空気源を有する(工事現場において使用される「アリゲータ(aligator)」スペースヒータに類似する)1つ又は複数の空気ブロワを含む。これらの高温空気ブロワは、エンジンの入口に位置決めすることができ、エンジンを、(周囲状態に基づくものになり得る)所定の時間期間の間自走させることができ(すなわち燃料の燃焼無しでスタータ上で回転させる)、又はエンジンの高温領域の熱電対又は他の温度測定デバイスが所定温度に到達するまで、自走させることができる。さらに別の具体例では、クリーニング泡の導入前のエンジンの温度は、エンジンを起動させ、アイドリング状態で所定の期間エンジンを作動させることによって上昇させることができ、その後、クリーニング泡の導入前にエンジンを停止させることができる。さらに別の具体例では、エンジンは、アイドリングからの停止後且つ薬剤の導入前に自走させて泡の導入前に一貫したベースライン温度状態をさらに達成することができる。本発明のさらに別の具体例は、事前加熱された液体薬剤、発泡に使用される事前加熱された圧縮空気、外部加熱されたエンジン、及び1つ又は複数の直近の作動期間によって「暖められた」エンジンの任意の組み合わせを企図する。

20

30

【0021】

本発明のさらに別の具体例では、クリーニング泡は、クリーニング泡を混合し形成するために使用されるデバイス内に加熱素子を提供することによって加熱できる。

40

【0022】

この「発明の概要」において並びに本出願の他所において説明するさまざまな装置及び方法が、多数のさまざまな組み合わせ及び副組み合わせとして表現できることが理解されよう。すべてのそのような有用な、新規の、発明的組み合わせ及び副組み合わせが、本明細書において企図され、これらの組み合わせの各々の明示的表現は不必要であることが認識される。

【0023】

本明細書において示す図の一部は、寸法を含むことができる。さらに、本明細書におい

50

て示す図の一部は、拡縮された図又は拡縮可能な写真からできている。そのような寸法又は図内の相対的拡縮は、実例として存在するものであり、限定的であると解釈されるものではないことが理解される。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】ガス・タービン・エンジンの概略図。

【図2】本発明の1つの具体例によるクリーニング装置の概略図。

【図3A】図2の装置の一部の写真。

【図3B】設置されたエンジンの入口内に泡を提供することを示す、図2の装置の一部の写真。

10

【図3C】エンジン入口の正面の本発明の1つの具体例によるノズルの写真。

【図3D】エンジン入口の正面の本発明の別の具体例によるノズルの写真。

【図4】本発明の1つの具体例による泡の構造の写真。

【図5】(意図的に空白)

【図6】本発明の1つの具体例によって洗浄される前後のエンジンの排気構造の部分の写真。

【図7】本発明の1つの具体例によって洗浄されるエンジンにおけるエンジン起動時間における改善のグラフ。

【図8】本発明の1つの具体例によるエンジン試験スタンド上で洗浄されるエンジンの写真。

20

【図9】図8の装置の一部分の写真。

【図10】本発明の1つの具体例によって洗浄されるエンジンのパラメータ改善のグラフ。

【図11】本発明の1つの具体例によって洗浄されるエンジンのパラメータ改善のグラフ。

【図12A】本発明の1つの具体例によるクリーニング・システムの概略図。

【図12B】本発明の別の具体例によるクリーニング・システムの概略図。

【図13A】図12Aの装置の一部分の1つの具体例の写真。

【図13B】図12Aの装置の一部分の1つの具体例の写真。

【図13C】図12Aの装置の一部分の1つの具体例の写真。

30

【図14A】図13の装置の一部分の拡大写真。

【図14B】図13の装置の一部分の拡大写真。

【図14C】図13の装置の一部分の拡大写真。

【図14D】図13の装置の一部分の拡大写真。

【図15A】図13のキャビネットの内部の写真。

【図15B】図13のキャビネットの内部の写真。

【図15C】図13のキャビネットの内部の写真。

【図15D】図13のキャビネットの内部の写真。

【図16A】図15Bに示す構成要素の写真。

【図16B】図15Bに示す構成要素の写真。

40

【図16C】図15Bに示す構成要素の写真。

【図16D】図15Bに示す構成要素の写真。

【図16E】図15Bに示す構成要素の写真。

【図16F】図15Bに示す構成要素の写真。

【図17】(意図的に空白)

【図18A】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図18B】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図18C】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図18D】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図18E】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

50

【図 1 8 F】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図 1 8 G】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図 1 8 H】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図 1 8 I】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図 1 8 J】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図 1 8 K】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図。

【図 1 8 L】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図であり、本発明の 1 つの具体例による核生成チャンバの概略図を示し、核生成チャンバ 1 2 6 0 の断面図 A A である。

【図 1 8 M】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図であり、本発明の 1 つの具体例による核生成チャンバの概略図を示し、図 1 8 L の 1 8 M - 1 8 M から見た場合の、核生成チャンバ 1 2 6 0 の端面図。

10

【図 1 8 N】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図であり、本発明の 1 つの具体例による核生成チャンバの概略図を示し、図 1 8 L の装置の一部分の拡大図。

【図 1 8 O】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図であり、本発明の 1 つの具体例による核生成チャンバの概略図を示し、図 1 8 L の装置の一部分の拡大概略図。

【図 1 8 P】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図であり、本発明の 1 つの具体例による核生成チャンバの概略図を示し、図 1 8 L の装置の一部分の拡大概略図。

20

【図 1 8 Q】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図であり、本発明の 1 つの具体例による核生成チャンバの概略図を示し、図 1 8 L の装置の一部分の拡大概略図。

【図 1 8 R】本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバの切断概略図であり、本発明の 1 つの具体例による核生成チャンバの概略図を示し、図 1 8 L の装置の一部分の拡大概略図。

【図 1 9 A】本発明の 1 つの具体例によるシステムによってクリーニングされている航空機エンジンの絵画図。

【図 1 9 B】本発明の 1 つの具体例によるシステムによってクリーニングされている航空機エンジンの絵画図。

30

【図 1 9 C】本発明の 1 つの具体例によるシステムによってクリーニングされている航空機エンジンの絵画図。

【図 1 9 D】設置されたエンジンが泡で洗浄される状態の航空機の C A D 図。

【図 1 9 E】本発明のさまざまな具体例による複数の流出物コレクタの C A D 図。

【図 2 - 1 A】本発明の 1 つの具体例によるシステムによってクリーニングされている航空機エンジンの絵画図。

【図 2 - 1 B】本発明の 1 つの具体例によるシステムによってクリーニングされている航空機エンジンの絵画図。

【図 2 - 2】本発明の 1 つの具体例によるシステムによって及び流出物捕捉デバイスの 1 つの具体例によってクリーニングされている航空機エンジンの絵画図。

40

【図 2 - 3】1 つの航空機シナリオに従って、本発明の 1 つの具体例によるシステムによって及び流出物捕捉システムの 1 つの具体例によってクリーニングされている航空機エンジンの絵画図。

【図 2 - 4】可変泡流出物捕捉システムを伴って、本発明の 1 つの具体例によるシステムによってクリーニングされている航空機エンジンの絵画図。

【図 2 - 5】本発明の 1 つの具体例によるシステムによってクリーニングされている航空機エンジンの概略図及び創作写真図。

【図 2 - 6】(意図的に空白)

【図 2 - 7】本発明によるクリーニング・プロセスの概略図。

50

【図 2 - 8 A】本発明の 1 つの具体例による泡注入システムを示すエンジンの概略図。

【図 2 - 8 B】本発明の 1 つの具体例による泡注入システムを示すエンジンの概略図。

【図 2 - 9 A】本発明の 1 つの具体例による泡連結システムを示す、エンジンの切断内部の概略図。

【図 2 - 9 B】本発明の 1 つの具体例による泡連結システムを示す、内部及び外部構成要素を伴ったエンジン切断概略図。

【図 2 - 10】本発明の 1 つの具体例 / 方法によるエンジン・クリーニング・サイクル規定のグラフ。

【図 2 - 11】本発明の 1 つの具体例 / 方法によるエンジン監視及び利益の定量化のための 1 つの方法のグラフ。

【図 2 - 12 A】本発明の 1 つの具体例による流出物コレクタの写真。

【図 2 - 12 B】図 2 ~ 図 12 A の装置の後部を向いた正面図。

【図 2 - 12 C】図 2 から 12 A の装置の前方を向いた後面図。

【発明を実施するための形態】

【0025】

(要素の符号)

以下は、要素の符号及びその要素を説明するために使用される少なくとも 1 つの名称のリストである。本明細書において開示する具体例のいずれも、これらの名称に限定されず、これらの符号は、さらに、当業者がこの開示を全体的に読み取り検討することによって理解される他の言葉を含み得ることが理解される。

10

20

【表 1】

10	エンジン
11	入口
12	ファン
13	圧縮機
14	コンバスタ
15	タービン
16	排気部
20	洗浄システム
21	車両
22	薬品源
23	ブーム
24	水源
25	水源
26	ガス源（圧縮された空気）
28	泡出口
30	ノズル
32	流出物コレクタ
32.1	トレーラ
32.2	流出物プール
32.3	排気コレクタ
32.31	筐体、シート
32.32	リブ
32.33	鉛直支持体
32.34	入口
32.35	排水路
32.4	入口コレクタ
32.41	シート、凹状
32.42	リブ
32.43	鉛直支持体
33	ハウジング
34	支持体
35	リザーバ
36	出口
37	閉じ込め壁
38	ヒータ
40	発泡システム

41	泡連結
42	キャビネット
43	チューブ
44	流量計； 蟬動ポンプ
46	圧力ゲージ
48	圧力調節器
50	ポンプ及びモータ
60	核生成チャンバ、クリーニング剤を形成するための手段
61	ハウジング
62	ガス入口
63	液体入口
64	出口
65	混合又は核生成セクション； 液体及びガスを混合するための手段
66	ガス・チューブ又はスリーブ； ガスチャンバ又はプレナム
68	中央通路
70	核生成ジェット又は穿孔部
71	迎え角
72	核生成ゾーン
74	成長セクション； 泡セルの量及び／又はサイズを増大させるための手段
75	材料
78	セル構造化セクション； 泡を均一化するための手段
79	材料
80	処理ユニット（再利用、精製）
82	層流セクション； 泡内の乱流を低減させるための手段
84	モータ
86	インペラ
90	航空機

10

20

30

【 0 0 2 6 】

本発明の原理の理解を促す目的で、図示する具体例を参照して、特有の語が、これを説明するために使用される。そうではあるが、本発明の範囲の限定は、それによって意図されず、例示するデバイスにおけるそのような代替形態及びさらなる改変形態、並びにこの中に例示する本発明の原理のそのような別の用途が、本発明に関係する当業者に通常想定されるように企図されることが理解されよう。本発明の少なくとも1つの具体例が説明され示されるが、本出願は、本発明の他の具体例を示す、及び／又は説明することができる。

40

【 0 0 2 7 】

「本発明」の語は、本発明の一群の具体例に対する言及され、別途明示的に述べない限り、すべての具体例内に含まれなければならない装置、プロセス、又は組成物を含む具体例は1つも存在しないことが理解される。さらに、本発明の一部の具体例によって提供される「効果」に関する論議が存在するが、他の具体例は、これらの効果を奏さなくてよく、又はさらに異なる効果を奏してもよいことが理解される。本明細書において説明するいかなる効果も、特許請求の範囲のいかなるものに対する限定としても解釈されるものではない。「好ましくは」などの選好を示す言葉の使用は、少なくとも1つの具体例に存在するが、一部の具体例では任意選択である構成及び態様を指す。

【 0 0 2 8 】

50

符号(N X X . X X)のN系の接頭辞の使用は、図示され説明される場合を除いて、接頭辞無しの要素(X X . X X)と同じである要素を指す。1つの実例として、要素1 0 2 0 . 1は、図示し説明する要素1 0 2 0 . 1の異なる構成のもの以外は、要素2 0 . 1と同じである。さらに、関連付けられた要素の共通の要素及び共通の構成は、異なる数字で同じ方法で描かれてよく、並びに/又は異なる図において同じ記号を使用してもよい。したがって、同じである1 0 2 0 . 1及び2 0 . 1の構成を説明することは必要とされず、その理由は、これらの共通の構成は、関連する技術分野の当業者にとって明らかであるためである。さらに、構成1 0 2 0 . 1及び2 0 . 1は、当業者によって理解されるように、構成(N X X . X X)が、他のさまざまな具体例(M X X . X X)と適合する構成を含むことができるように後方互換性になり得ることが理解される。この説明の慣習はまた、

10

【0029】

さまざまな特有の量(空間次元、温度、圧力、時間、力、抵抗、電流、電圧、濃度、波長、周波数、伝熱係数、無次元パラメータなど)が、本明細書において述べられるが、そのような特有の量は、実例としてのみ提示され、さらに、別途明示的に指摘されない限り、近似値であり、言葉「約」が各々の量に前置きされているように考慮されなければならない。さらに、特有の組成物に関する論議において、その説明は、実例としてのみであり、その組成物の他の種の適用を限定するものではなく、引用した組成物に関連しない他の組成物の適用を限定するものではない。

20

【0030】

以下では、本発明の特定の具体例を表す段落が続く。後続のこれらの段落では、一部の要素番号には、「X」の接頭辞が付けられ、これは、その言葉が、図に示し又は本文に説明する類似の構成の任意のものに関することを示す。

【0031】

本発明のさまざまな具体例と共に本明細書において示し説明するものは、実行された1つ又は複数の試験の論議である。そのような実例は、例としてのみであり、本発明のいかなる具体例に対する限定としても解釈されるものではないことが、理解される。さらに、本発明の具体例が、本明細書において提示する数学的分析に必ずしも限定されず、又はこれによって説明されないことが理解される。

30

【0032】

1つ又は複数のプロセス、アルゴリズム、作動方法、又は論理にさまざまな参照をなすことができ、これには、特定のシーケンスにおけるそのような組織化を示す図を伴う。そのようなシーケンスの順序は、例としてのみであり、本発明のいかなる具体例を限定することも意図されないことが理解される。

【0033】

製造の1つ又は複数の方法にさまざまな参照が可能である。これらは、例としてのみであり、本発明のさまざまな具体例は、実例として、鑄造、センタリング、溶接、放電加工、フライス削りなどの多種多様な方法で製作できることが、理解される。さらに、さまざまな他の具体例が、さまざまな付加的製造方法の任意のものによって製作されてよく、付加的製造方法の一部は、3D印刷と称される。

40

【0034】

本文献は、異なる言葉を使用して、同じ符号を説明する、又は特有の一群の特徴(N X X . X X)内の符号を指すことがある。そのような複数の用法は、本明細書におけるいかなる言語の再定義も提供するようには意図されていないことが理解される。そのような言葉は、特定の構成が、さまざまな言語学的方法で考慮されてよく、そのような方法は、必ずしも付加的又は排他的ではないことが理解される。

【0035】

50

本明細書において示し説明するものは、変数の中でも1つ又は複数の関数関係である。変数の特有の術語体系が提供できるが、一部の関係は、その意味に関して当業者によって認識される変数を含み得る。例えば、「t」は、その用法によって容易に明らかになるように、温度又は時間を表すことができる。しかし、そのような関数関係は、数学的分析の標準的技術を用いてさまざまな等価物において表される(例えば、関係 $F = ma$ は、関係 $F/a = m$ と等しい)ことがさらに認識される。さらに、関数関係が、アルゴリズム又はコンピュータ・ソフトウェアにおいて実装される具体例では、アルゴリズムされた変数は、本明細書において示す変数に対応することができ、このときこの対応は、倍率、制御システム利得、ノイズ・フィルタ、又はそのようなものを含むことが理解される。

【0036】

多種多様な方法が、ガス・タービン・エンジンをクリーニングするために使用されてきている。一部のユーザは、エンジンの入口内に噴霧された水を利用し、他は、エンジンの入口内に噴霧されたクリーニング流体を利用し、さらに別のユーザは、クルミ殻などの固体の研磨材料をエンジンの入口に提供する。

【0037】

これらの方法は、さまざまな度合いの成功を達成しており、さらに、さまざまな度合いの問題も起こしている。例えば、エンジンの高温領域をクリーニングするのに十分強力であり、高温領域材料上に化学的に受け入れ可能である一部のクリーニング剤は、エンジンの低温領域に使用される材料上では化学的に受け入れ不能である。水洗浄は、エンジンのいかなる材料上でも使用されるのに十分に穏やかであるが、特に困難な沈殿物を除去することに効果的ではなく、さらに、圧縮機の一部の段内にシリカの沈殿物を残す可能性がある。いくつかの水溶性クリーニング剤が、MIL-PRF-85704Cにおいて認識されているが、これらのクリーニング剤の多くのユーザは、これらが、性能をエンジン作動パラメータまで回復させることにおいてはかろうじて成功していると考えており、さらに他のユーザは、これらのMILクリーニング剤での洗浄だけでは、実際には、一部の作動パラメータを低下させることがあることを指摘している。

【0038】

したがって、航空機の多くのオペレータは、一部の液体クリーニング方法に関して、すなわちエンジンに対する性能を回復させることに、液体がいかに効果的であるかに関してなされた主張に懐疑的である。液体洗浄のコストは、エンジンの液体洗浄及び飛行体が作動から外される時間の価格を含む。しばしば、液体洗浄の利益は、負担したコストを上回らず、又はわずかな商業利益しかもたらさない。

【0039】

本発明のさまざまな具体例は、ガス・タービン・エンジンを泡で洗浄することによって得られる大幅な商業利益を示している。本明細書において示すように、エンジンの泡クリーニングは、液体洗浄で得ることができない改善を含む、作動パラメータにおける大幅な改善を提供することができる。泡洗浄によって実現される大幅な改善の理由は、完全には理解されていない。バック・ツー・バック(back to back)エンジン試験が、同じ特有のエンジンで実行されている。これでは、噴霧された液体が入口に導入され、その後、同じ液体の泡が入口に導入される。すべての場合において、液体(又は泡)は、エンジン排気領域において観察されており、これは、液体(又は泡)がガス経路全体を濡らしていると考えられることを示す。それにも関わらず、発泡液体の使用は、特定の動力出力を達成するのに必要とされる、エンジン起動時間、燃料消費率、及びタービン温度などの重要な作動パラメータにおける液体洗浄のあらゆる改善を上回る大きな改善を提供する。

【0040】

本発明の一部の具体例は、水溶性クリーニング剤から泡を生成するためのシステムに関する。水溶性薬剤又は非水溶性薬剤によって許容可能な泡を形成する装置及び方法について相違が存在することが見出されている。本発明のさまざまな具体例は、加圧された液体及びさらに加圧された空気が提供される核生成チャンバを含むシステムに関する。

【0041】

10

20

30

40

50

この泡を従来の噴霧ノズルによってエンジン入口に注入することが、泡のクリーニング効果性を低減し得ることが見出されている。さらに、泡を核生成チャンバからノズルに送出するあらゆる配管、チューブ又はホースは、全体的に平滑であるべきであり、流路における乱流発生構成（鋭敏な転回、泡流路の流れ領域における突然の低減、又は泡の速度を増大させる収束などの過剰な収束を備えた領域を有する送出ノズルなど）を実質的に有してはならない。

【0042】

本発明のさまざまな具体例において、泡のより高いエネルギー状態を維持し、送出前にそのエネルギーを放散させない、生成された泡用の流路を提供することが役に立つ。図3Bは、本発明の1つの具体例によって送出されている泡を示す。ノズル30が、ほぼ同じ直径のものである泡の流れ（ストリーム）を提供することができる。図3Bの写真では収束部はわずかしか又は全く明らかではなく、流れストリームの逸脱もない。さらに、泡の流れストリーム内のさざ波又は「塊」は、低速送出システムを示すものであり、この場合、スピナに当たったときに泡ストリームに付与された乱れは、明らかに、上流側にノズルに向かって進む。泡流路内の「塊」の振幅は、スピナが泡に当たった近くで最大の大きさになり、出口ノズル30の方向に向かうにつれて小さくなっていくことがわかる。泡出口ノズル30は、略一定の直径のものであり、好ましくは、約457.2cm（約15フィート）毎秒未満の速度である。

【0043】

本発明のさまざまな具体例はまた、加圧された状態の（空気、窒素、二酸化炭素、又は任意の他のガスを含む）ガスをクリーニング液体の流れ内に導入することによって支援される。好ましくは、空気は、約5psigを超え、且つ約120psig未満に加圧され、ポンプ又は加圧されたリザーバによって供給される。本発明の一部の具体例は、周囲空気を同伴し得る空気流排出装置の使用を含むが、加圧された空気を使用するさらに他の具体例が、改善された結果をもたらすことが見出されている。

【0044】

本発明のさらに他の具体例は、航空機エンジンでの泡クリーニングの商業的用途に関する。先に論じたように、発泡されたクリーニング剤が、非発泡のクリーニング剤よりも優れた結果をもたらす機構は、現時点ではよく理解されていない。逆に、ジェット・エンジン保全分野の多くの専門家は、最初、発泡されたクリーニング剤が、非発泡のクリーニング剤によってもたらされるような同じ残念な結果をもたらすと考える。したがって、泡クリーニング剤の使用がよりよく理解されるにつれ、一群のエンジンを支える上での財政的考慮に対する改善された泡クリーニングの効果が、よりよく理解されるようになる。本明細書において文書化された試験によって示された、作動温度、燃料消費率、及び起動時間における改善などのこれらの改善の一部は、容易に明らかにできる。泡クリーニング剤の使用からのさらに他の影響は、エンジン内の、寿命が限定された他の構成要素の設計にさらに影響を与えることができる。

【0045】

例えば、エンジンは、現在、（使用時間、時間温度、エンジンサイクルの回数、又は他のベースのものなど）の寿命が限定された部品を用いて設計されており、これらの構成要素の検査は、エンジンの液体洗浄と同時に予定できる。しかし、泡洗浄は、使用されたエンジンを、液体洗浄より良好な性能レベルまで回復させるため、泡洗浄の使用は、通常、エンジンを航空機に設置することができる時間を増大させることができる。しかし、（液体洗浄間の間隔と比較して増大した）泡洗浄間の時間の増大は、泡洗浄が、寿命が限定された部品の検査と同時に行われたい程度まで長くなり得る。これらの条件下、これは、寿命限定された部品をわずかに長いサイクルに合わせて設計するという財政的見返りとなり得る。より長くなった寿命の、寿命が限定された構成要素のコストにおける増大は、泡クリーニングされたエンジンが翼上に留まることのできる時間の増大によって相殺されるものを上回ることができる。

【0046】

そのような具体例では、少なくとも部分的に泡洗浄の結果から生じる改善されたクリーニングによって、エンジン洗浄、検査、及び保全間隔にパラダイム変化が生じ得る。一部の具体例では、（起動時間、最大定格出力における温度、燃料消費率、炭素放出、窒素酸化物放出、巡航及び離陸におけるエンジンの通常の作動速度など）のエンジン性能のパラメータに対する泡洗浄の効果が、定量化できる。この定量化は、一群のエンジンに行うことができるが、一部の場合、異なる系列間で適用可能である。その系列内の特有のエンジンが、航空機で作動されるとき、航空機のオペレータは、その特有のエンジンの泡洗浄によって得られる改善に相関付けられ得る作動パラメータにおける何らかの変更を指摘する。航空機オペレータによって得られたこの情報は、（US政府、エンジン製造者、又はエンジン・リース会社になり得る）エンジン所有者に渡され、その所有者は、その特有のエンジンの泡クリーニングをいつ予定するかを決定する。

10

【0047】

本明細書で説明する泡洗浄方法及び装置のさまざまな具体例が、使用されたエンジンからの汚染物質を除去することにおいて、液体クリーニング剤のスプレ・クリーニングによるものよりも効果的であることが実験から見出されている。一部の場合、泡クリーニング後にタービン内に収集された流出物が、液体洗浄後にタービン内に収集された流出物と比較され、このとき液体洗浄は、泡洗浄よりも先に行った。これらの場合、泡流出物は、その中に、液体洗浄によって除去されなかったかなりの量の汚れ及び堆積物を含んでいることが見出された。

【0048】

20

一部の系列のエンジンでは、泡洗浄の使用は、コンバスタ・ライナの清浄度に改善をもたらすと考えられる。コンバスタ・ライナは、複雑な配置の冷却穴を含むことがよく知られており、これらの冷却穴は、ライナ自体に対して安全な温度を維持するだけでなく、さらにガス経路の温度を低下させ、それによって窒素酸化物の形成を抑制するように設計されている。本発明のさまざまな具体例は、クリーニングされたエンジンの窒素酸化物の放出の低減を実証することが予想される。

【0049】

図1～図4は、本発明の1つの具体例による洗浄又はクリーニング・システム20のさまざまな図を表す。図示し説明するものは、ガス・タービン・エンジンのクリーニングに適用される洗浄システム20であるが、本発明のさまざまな具体例が、あらゆる物体のクリーニングを企図することが理解される。

30

【0050】

図1及び図2は、ジェット・エンジン10をクリーニングするために使用されるシステム20を概略的に表す。エンジン10は、通常、入口11と、ファン12と、1つ又は複数の圧縮機13とを含む低温領域を含む。圧縮された空気は、コンバスタ14と、1つ又は複数のタービン15と、実例として簡単な収束ノズル、（図6に見られる）ノイズ低減ノズル、及び（燃焼後エンジンと共に使用され、収束及び分岐領域を含むものなどの）冷却されたノズルを含む排気システム16とを含むエンジン10の高温領域に提供される。

【0051】

図2は、エンジン10を泡によってクリーニングするために使用されるシステム20を概略的に示す。システム20は、通常、ガスの供給源26と、水の供給源24と、クリーニング薬剤の供給源22とを含み、これらすべては、発泡システム40に提供される。発泡システム40は、これらの投入された成分を受け入れ、泡28の出力をノズル30に提供し、ノズル30は、この泡をエンジン10の入口11に提供する。しかし、さらに他の具体例は、泡が最初に圧縮機領域13に提供されるように、又は一部の具体例では、最初にエンジン10のさらに他の構成要素に提供されるようにノズル30を位置決めすることを企図する。システム20は、好ましくは、エンジン10の排気部16の後方に置かれた流出物コレクタ32を含み、それによってその中に、使われた泡、薬剤、水、及びエンジン10から除去された粒子状物質を収集する。

40

【0052】

50

図 3 A 及び図 3 B は、作動中の洗浄システム 20 を表す。1 つの具体例では、発泡システム 40 は、キャビネット 42 内に設けられる。キャビネット 42 は、好ましくは、(図 15 を参照して図示し説明する) 核生成チャンバ、ポンプ、並びにさまざまな弁及び配管を含む、泡 28 を形成するために使用されるさまざまな装置を含む。キャビネット 42 は、好ましくは、(図 12 ~ 図 14 を参照して説明する) 多様な流量計又は蠕動ポンプ 44、圧力ゲージ 46、及び圧力調節器 48 を含む。

【 0053 】

図 3 B は、泡 28 をエンジンの入口 11 に注入するノズル 30 の写真である。図 4 は、本発明の 1 つの具体例による泡 28 の拡大写真である。

【 0054 】

図 3 C 及び図 3 D は、本発明の他の具体例による入口 10 の正面のノズル 30 を示す。一部の具体例は、ノズルの対を利用し、これらのノズルは、泡を、エンジンの中心線の両側にあることを除いて、ほぼ同じ場所及び空間から入口に送出することを見ることが出来る。通常、一部の具体例におけるノズルは、泡のストリームを周囲状態に提供する非噴霧式ノズルを有する。図 3 C 及び図 3 D に見ることが出来るように、ノズル装置 30 の断面積は、一体的な中央送出チューブから、各々がほぼ同じ断面積である隣合わせの出口ノズルの対にかけて全体的に増大する。したがって、装置 30 の流路に沿った長さの関数としての断面積は、中央領域においては比較的一定であるが、次いで、中央領域が 2 つの隣合わせのノズルに分割するために増大する。

【 0055 】

図 6 ~ 図 11 は、本発明のさまざまな具体例によって実行されたさまざまな試験に関する。図 6 は、既存の手順による洗浄後、及び本発明の具体例によって実行された洗浄後の両方における、波形周囲ノイズ抑制排気ノズル 16 の図を提供する。左及び右の写真を比較して、本発明の 1 つの具体例によって実行された洗浄後 (右写真)、排気ノズル 16 は、標準的な洗浄手順 (左写真) 後にこれまで達成された清浄度のレベルを超えてクリーニングされたことを見ることが出来る。

【 0056 】

図 7 は、標準的な洗浄後及び本発明の 1 つの具体例による洗浄後の結果を含む、エンジン起動時間における改善の絵画図を提供する。標準的な洗浄は、特定のエンジンの起動時間を 3 秒だけ、すなわち 6.9 秒から 6.6 秒に短縮したことを見ることが出来る。しかし、本発明の洗浄システムによる同じエンジンのその後の洗浄は、約 9 秒の起動時間のさらなる短縮をもたらし、したがって本発明の 1 つの具体例によるクリーニング方法が、(噴霧されたクリーニング流体のスプレがエンジンの入口内に提供される方法などの) 標準的な洗浄によって達成された改善以上に、エンジンガス経路の流動力学を改善することができることを示した。

【 0057 】

図 8 ~ 図 11 は、ヘリコプタ・エンジン上で実行された試験及び試験結果を示す。図 8 及び図 9 は、二重排気ノズル 16 を出た流出泡 28 でクリーニングされているエンジン 10 を示す。図 10 は、ヘリコプタ・エンジン上で実行された複数の起動試験の結果を示す。使用されたエンジンの起動時間が、既存の洗浄技術を使用して約 5 パーセント短縮されたことを見ることが出来る。しかし、本発明の 1 つの具体例によるクリーニング・システムを用いてその同じエンジンをクリーニングすることで、依然としてさらなる利得及び (元の使用されたエンジンと比較して) 22 パーセントを超える起動時間の減少がもたらされた。

【 0058 】

図 11 は、クリーニング前後に全速力で作動するヘリコプタ・エンジンの排気ガス温度マージンの改善を絵で表す。エンジンに対する既存のクリーニング・システムの使用は、E G T マージンにおいて測定可能な改善はもたらさなかったことを見ることが出来る。しかし、その同じエンジンは、本発明の 1 つの具体例によるシステム及び方法を用いてクリーニングされた後、30 を超える E G T マージン (すなわち冷却器を稼働させる能力)

10

20

30

40

50

の増大を示した。

【0059】

図12A及び図12Bは、本発明のさまざまな具体例による洗浄システム20及び120を概略の形で示す。図12A及び12Bに概略的に示す(圧力ゲージ、流量計、減圧弁、ポンプ、逆止弁、核生成チャンバ、並びに他の弁及び配管を含む)構成要素の多くは、好ましくは、図13、図14、及び図15に見ることができるキャビネット42内に収容される。

【0060】

図13A、図13B、及び図13Cは、本発明の1つの具体例による発泡システム40のキャビネット42の外部の写真である。さまざまな入口、遮断弁、流量計、圧力ゲージ及び連結部が、これらの写真において見ることができる。さらに、図13、図14、及び図15の描写は、同じ流れシステム40のものであり、図15に見えるさまざまな相互連結は、図13及び図14に示すキャビネット外部に端を発することができる。

10

【0061】

図14は、図13の流れキャビネット42の部分の拡大図である。図14Bは、1つの具体例において、薬剤Aが、好ましくは、約0.0265立法メートル(約7ガロン)毎時で提供され、薬剤Bが、約0.0719立法メートル(約19ガロン)毎時で提供されることを示す。図14Cは、核生成チャンバに入る空気流が、約0.368立法メートル毎分から約0.396立法メートル(約13から14立法フィート)毎分までの間であり、泡を形成するために使用された(ポンプ後の)水流が、約0.0265立法メートルから約0.0303立法メートル(約7から約8ガロン)毎分までの間であったことを示す。図14Dは、ポンプ前に測定された水流が、約0.0265立法メートル(約7ガロン)毎分になることを示す。図14Dの圧力ゲージは、約18~20psigの空気、水、及び泡の作動圧力を示す。これらの特有の設定は、例示としてのみであり、限定的であると解釈されるものではない。さらに、これらの設定は、Zok27の薬剤A及び/又はTurco5884の薬剤Bを流す具体例と共に利用された。同様に、エンジン・マニュアルに従い、承認された製品又は基本的成分(すなわち、ケロシン、イソプロピル・アルコール、石油系溶剤)の組み合わせを利用することができる。参照として、資格要件を満たした製品リスト又は承認は、FAAによって、又は海軍航空システム司令部承認によって関連付けられる。そのようなガス経路承認報告書は、業界が従うMIL-PRF-85704文献によって指示される。

20

30

【0062】

図15は、キャビネット42内に収容された構成要素及び配管を示し、図13、図14、及び図16に一致するものである。

【0063】

図16及び図18は、本発明のさまざまな具体例による核生成チャンバX60のさまざまな具体例を示す。これらの具体例の多くは、ガス用の入口X62と、1つ又は複数の液体用の入口X63と、泡出力28をノズルX30に提供する出口X64とを含むハウジングX61を含む。一部の具体例では、ガスチャンバX66は、入口X62から圧力下のガスを受け取る。ガスチャンバX66は、好ましくは、ハウジングX61内に封入され、ガスチャンバX66の一部分が、ハウジングX61内で入口X63からの流体と接触するように配置される。いくつかの具体例は、ガスチャンバX66を含み、ガスチャンバX66は、チャンバX66の内部通路及びハウジングX61内の流体からの流体連通をもたらす1つ又は複数の開口、又は他の構成X70を含む。

40

【0064】

開口X70からのガスの導入は、核生成ゾーンX65内でクリーニング液体と共に泡を形成するように適合され構成される。好ましくは、泡は、より安定した非発泡液体薬剤のより高いエネルギーの短命状態である泡を形成するためにその任意ものが使用できる、高速エア・ジェット、ディフューザ領域、成長スパイク、及び/又は薬剤の遠心シアリングの適切な配置を用いて、事前認定された航空用薬剤の核生成によって形成される。その結

50

果生じた泡は、クリーニングされるデバイスの入口内に導入するために出口 X 6 4 に提供される。

【 0 0 6 5 】

一部の具体例では、チャンバ X 6 0 は、さらに、小さい泡セルがより大きい泡セルになる融合を促す材料又は装置が存在するセル成長領域 X 7 4 を含む。さらに他の具体例では、核生成チャンバ X 6 0 は、泡材料の均一性を改善するための材料又は装置を含むセル構造化領域 X 7 8 を含むことができる。X 6 0 のさらに別の具体例は、層流領域 X 8 2 を含み、層流領域 X 8 2 内では、発泡された材料 2 8 は、泡セルの長寿命を増大させ、したがってクリーニングされている製品 1 0 の入口 1 1 に送出された泡セルの数を増大させるように乱流が小さくされる。

10

【 0 0 6 6 】

核生成チャンバ X 6 0 の一部は、泡流路内に直列に配置された、核生成ゾーン、成長領域、及び構造化領域を含む。さらに他の具体例では、これらのゾーン及び領域は、泡が最初に流路の中央線の近位に形成される状態で、同軸に配置される。さらに他の具体例では、ゾーン及び領域は、泡が流路の周辺において形成され、セルが、成長し、流路の中心に向かって漸進的に構造化される状態で、同軸に配置される。

【 0 0 6 7 】

本明細書において説明する核生成チャンバ X 6 0 の一部は、単一のプレナム内に配置された、核生成ゾーン、成長領域、及び構造化領域を含む。しかし、さらに他の具体例は、核生成チャンバに対するモジュラ配置を企図することが理解される。例えば、核生成ゾーンは、構造化ゾーン又は層流ゾーンにボルト留めされた別個の構成要素にできる。例えば、さまざまな領域は、フランジ及び締結具、ねじ切りされた継手、又はそのようなものなどによって互いに取り付けられ得る。さらに、システム X 2 0 は、単一の核生成チャンバを含むように本明細書において説明される。しかし、クリーニング・システムは、複数の核生成チャンバを含むことができることが理解される。1 つの実例として、複数のチャンバは、液体及びガスを提供するマニホールドから供給できる。この平行な流れ配置は、同様に多様化された泡出力と一緒に単一ノズル X 2 8 に、又はエンジン入口ジオメトリに最適に合致するようなパターンで配置された複数のノズルに提供することができる。

20

【 0 0 6 8 】

本明細書において論じるさまざまな洗浄システム X 2 0 は、核生成チャンバの入口に提供された液体（水、薬剤 A 及び薬剤 B など）の混合物を含むことができ、この核生成チャンバ内には、液体の混合物から泡を形成するために、ガスが注入される。しかし、本発明はそのように限定されず、液体が別個に発泡できるこれらの具体例をさらに含む。例えば、本発明の別の具体例によるクリーニング・システムは、薬剤 A 用の第 1 の核生成チャンバと、薬剤 B 及び水の混合物のための第 2 の核生成チャンバとを含むことができる。結果として生じた 2 つの泡は、次いで、単一のノズル X 2 8 に提供することができ、又は別個のノズル X 2 8 に提供することができる。

30

【 0 0 6 9 】

後続のさまざまな説明は、数多くの相違及び数多くの類似性を組み込む核生成チャンバ X 6 0 の多様な具体例に関する。これらの各々は、実例としてのみ提示され、本明細書において表す広範な着想を限定するよう意図されていないことが、理解される。さらに別の実例として、本発明は、液体生成物が入口 X 6 3 に提供され、遠心ガスチャンバ X 6 6 によって取り囲まれた流路内に流れる具体例を企図する。そのような具体例では、ガスチャンバ X 6 6 は、環状流れ空間を画定し、圧力下のガスを入口 X 6 2 から環状部内に流れる液体生成物に提供する。

40

【 0 0 7 0 】

図 1 8 A 及び図 1 8 B は、本発明の 1 つの具体例による核生成チャンバ 6 0 を示す。ハウジング 6 1 は、ガス入口 6 2 と、液体入口 6 3 と、泡出口 6 4 とを含み、泡形成通路が、入口と出口の間に配置されている。ハウジング 6 1 内に含まれるのは、圧力下のガスを入口 6 2 から受け取る略円筒形状のガス・チューブ 6 6 である。ガスチャンバ 6 6 は、円

50

筒形状のチューブとして説明されているが、本発明のさらに他の具体例は、泡が結果として生じるようにガスの流れを液体の流れ内に提供するように適合され構成された任意のサイズ及び形状の内部ガスチャンバを企図する。

【0071】

ガス・チューブ66は、ハウジング61内に略同軸に配置され（同軸の配置は必要とされないが）、それにより、入口63からの液体は、チューブ66の外側の周りを全体的に流れる。チューブ66は、好ましくは、チューブ66内からのガスを全体的にハウジング61の内部の泡形成通路に流すように適合され構成された複数の開口70を含む。図18Aに示すように、開口70は、チューブ66の長さにはほぼ沿って、好ましくは、チューブ66の円周を取り囲んで配置される。しかし、本発明のさらに他の具体例は、入口に向か

10

【0072】

一例として、核生成ジェット70が、ハウジング61の断面流れ面積にほぼ等しい、又はその断面積より小さい合計流れ面積を有するように適合され構成される。一例として、ジェット70は、約3.18mm（8分の1インチ）～約1.59mm（16分の1インチ）の穴直径を有する。

【0073】

核生成チャンバ60内の泡は、最初、これまで論じたように、ガス及び液体ストリームの最初の混合を含む核生成ゾーン65内に形成される。泡がこのゾーンを離れるにつれて、これは、下流側の成長領域74に流れ込み、対応する成長材料75を進む。材料75は、構造的表面領域を提供するように適合され構成され、この構造的表面領域上で、個々の泡セルは、他の泡セルに付着し組み合わせるより多くの泡セルに分割することができる。材料75は、より大きくより勢力のあるセルをいくつかのより小さいセルに分割する複数の構成を含む。一部の具体例では、材料75は、好ましくは金属材料から形成されたメッシュである。有機材料が、クリーニングに使用される液体22への露出に耐えることができる場合、プラスチック材料も代用することができる。材料75がメッシュ以外の材料になり得ることが、さらに他の具体例によってさらに企図される。

20

【0074】

より多くの分割された泡セルが成長領域74を出ると、これらは、好ましくは、ハウジング61の内部泡通路内に材料79を含むセル構造化領域78に入る。セル構造化領域78の材料79は、泡セル・サイズの第1のさまざまな分布を成長領域74から受け取り、セル・サイズの第2のよりも小さくより狭い分布を出力部64に提供するように適合され構成される。一部の具体例では、構造化材料79は、金属から形成されたメッシュを含み、このとき領域78のメッシュのセル・サイズは、成長領域74のメッシュ・サイズよりも小さい。

30

【0075】

融合し（より豊富なセル）、構造化された（均一性を改善した）セルが、領域78を出た後、これらは、一部分がハウジング61内にあることができ、一部分がハウジング61の外側にあることができる流路の一部に入り、この流路は、泡28の層流を提供するように適合され構成される。したがって、層流領域82の断面積は、好ましくは、核生成領域65、成長領域74、又は構造化領域78の代表的な断面流れ面積よりも大きい。流れ領域82は、層流を促し、また、そうでなければ泡の量又は品質を低減し得る乱流を阻止する。さらに、装置60の出力領域は、ノズル30まで延びる流れ通路と共に全体的に平滑であり、十分に緩やかな転換半径によって層流をさらに促し、乱流を阻止する。

40

【0076】

図16は、本発明の1つの具体例による核生成チャンバ260を示す。ハウジング261は、ガス入口262と、液体入口263と、泡出口264とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。円筒形状のハウジング261内に含まれるのは、圧力下のガスを入口262から受け取る略円筒形状のガス・チューブ266である。ガ

50

スチャンバ266は、円筒形状のチューブとして説明されているが、本発明のさらに他の具体例は、泡が結果として生じるようにガスの流れを液体の流れ内に提供するように適合され構成された任意のサイズ及び形状の内部ガスチャンバを企図する。

【0077】

ガス・チューブ266は、ハウジング261内にほぼ同軸に配置され（同軸の配置は必要とされないが）、それにより、入口263からの液体は、チューブ266の外面の周りを全体的に流れる。チューブ266は、好ましくは、チューブ266内からのガスを全体的にハウジング261の内部の泡形成通路内に流すように適合され構成された複数の定間隔で離間された開口270を含む。図16Aに示すように、開口270は、チューブ266の長さにはほぼ沿って、好ましくは、チューブ266の円周を取り囲んで配置される。

10

【0078】

核生成、成長、及びセル構造化ゾーン（それぞれ272、274及び278）は、同軸に配置される。核生成ゾーン272は、チューブ又は管266の外周間に形成される。成長領域274のワイヤ・メッシュ材料275は、チューブ266の外周の周りに巻き付き、これは、図16Fに最適に見られる（ここではこれは、3つの電気接続ストリップによって所定位置に保持されて示される）。核生成領域272は、管266の外周と成長材料275の最も内側の表面との間に形成される。ガス気泡が開口270から発せられ、核生成ゾーン272を通り抜けるとき、泡が形成され、泡セルは、メッシュ材料275の1つ又は複数のほぼ同軸の層を通り抜ける。より大きい泡セルが成長領域274の材料275を出るとき、より大きいセルは、次いで、（図16C及び図16Fを参照して最適に見られるような）セル構造化及び均一化領域278を備える、環状に配置された織物金属材料279内に進む。図16Eを参照すれば、1つの具体例における均一化領域278の材料279が、核生成チャンバ260の中央線に向かって先細になることを見ることができる。泡セルは、これまで論じたような方法で、液体、及びガスの混合によって形成され、サイズが増大され、均一化される。

20

【0079】

融合（成長）し、構造化された（均一性を改善した）セルが、領域278を出た後、これらは、一部分がハウジング261内にあることができ、一部分がハウジング261の外側にあることができる流路の一部に入り、この流路は、泡228の層流を促すように適合され構成される（図16E、図15A及び図15Bに最適に見られる）。出口264から（図13B及び図15Aに最適に見られるような）キャビネット42に設けられた出口228-1までの流路の外径は、核生成チャンバ260の外径とほぼ同じサイズのものであることを見ることができる。しかし、（図16A及び図16Fから視覚化できる）核生成チャンバ260の断面は、（図15Aに最適に見られるように）出口264の下流側の配管の断面流れ面積よりも小さい流れ断面面積を有し、チャンバ260内の泡流路の断面流れ面積は、材料275及び279によって部分的にブロックされる。（図15A及び図15Bに最適に見られるような）流れ領域282は、層流を促し、また、そうでなければ泡の量又は品質を低減し得る乱流を阻止する。さらに、装置260の出力領域は、ノズル230まで延びる流れ通路と共に全体的に平滑であり、十分に緩やかな転換半径によって層流をさらに促し、乱流を阻止する。

30

40

【0080】

図18Cは、本発明の1つの具体例による核生成チャンバ360を示す。ハウジング361は、ガス入口362と、液体入口363と、泡出口364とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。ハウジング361内に含まれるのは、圧力下のガスを入力362から受け取る略円筒形状のガス・チューブ366である。ガスチャンバ366は、円筒形状のチューブとして説明されているが、本発明のさらに他の具体例は、泡が結果として生じるようにガスの流れを液体の流れ内に提供するように適合され構成された任意のサイズ及び形状の内部ガスチャンバを企図する。

【0081】

ガス・チューブ366は、ハウジング361内にほぼ同軸に配置され（同軸の配置は必

50

要とされないが)、それにより、入口363からの液体は、チューブ366の外側の周りを全体的に流れる。チューブ366は、好ましくは、チューブ366内からのガスを全体的にハウジング361の内部の泡形成通路内に流すように適合され構成された複数の開口370を含む。図18Cに示すように、開口370は、チューブ366の長さにはほぼ沿って、好ましくは、チューブ366の円周を取り囲んで配置される。

【0082】

核生成ゾーン365は、複数の副ゾーン内に配置されたジェット又は穿孔部370を含み、そのような副ゾーン372内のジェットは、さまざまな迎え角で、流れる液体内にガスを導入する。第1の核生成ゾーン372aは、第2の中間の核生成ゾーン372bの上流側に配置され、第2の中間の核生成ゾーン372bの後に、第3の核生成ゾーン372cが続く(その各々は、ガスチャンバ366の長さに沿って配置されその長さに沿って離間される)。図18Cに示すように、ゾーン372bは、ゾーン372a及び372cの両方に重複するが、本発明の他の具体例は、重複しないことも含んで、より大きく又はより小さく重複することを企図する。

10

【0083】

ゾーン372a内のジェット又は穿孔部370aは、好ましくは、(図18Cで見て、左から右への流れの)液体の主流にほぼ対向する(又は反する)迎え角を有するように適合され構成される。一例として、これらのジェット370aの中央線は、チャンバ360内の泡流路の中央線に対して垂直に延びる線から約30~40度である(すなわち中央線と60~50度の角度を形成する)。したがって、ゾーン372a内の穿孔部370aから出た空気は、取り囲んでいる液体の流れにエネルギーを付与し、このエネルギーは、液体を減速させるように作用する(すなわち、ノズル370aを出るガスの速度ベクトルは、チャンバ360の図18C内で左から右に流れる液体の速度ベクトルとは反対の成分を有する)。

20

【0084】

ゾーン372b内の核生成ジェット370は、泡流路内の流体に回転渦を付与するように角度付けされる。1つの具体例では、核生成ジェット370bは、核生成チャンバ360内に竜巻のような回転を付与する方向に、流路中央線から延びる垂線から約30~40度で角度付けされる。

【0085】

第3の核生成ゾーン372cは、泡流路内の流れのほぼ全体的方向(すなわち左から右、及びジェット370aの角度配向とはほぼ反対である)に軸線方向に液体を押し出すような方向に約30~40度で角度付けられた複数のジェット370cを含む。

30

【0086】

ゾーン370内の穿孔部又は核生成ジェット372は、これまで説明した迎え角を全体的にすべてのジェットの中で又はジェットの一部において部分的にのみ有することができることがさらに理解される。本発明の他の具体例は、ジェット370a、370b、又は370cそれぞれの一部のみが、これまで説明したように角度付けされ、ジェット370a、370b、又は370cそれぞれの残りが、異なって配向される、ゾーン372a、372b、372cを企図する。さらに、これまで示し説明してきたものは、流体の流れのものとは反対の迎え角を有する第1のゾーンA、その後、渦を付与するように配向された迎え角を備えたジェットを有する第2の領域ゾーンB、そしてその後泡を出口に向かって押すように配向された迎え角を備えたジェットを有する第3の領域ゾーンCが続くものであるが、本発明のさまざまな具体例は、角度付けされたジェットのさらに別の配置を企図することが理解される。一例として、さらに他の具体例は、核生成ゾーンの始まり又は終わりに配置された流体渦領域を企図する。さらに別の例として、さらに別の具体例は、核生成ゾーンの最も遠位の端部に向かって配置された(すなわち成長領域374に向かってより近くに配向された)(これまでゾーン372aとして説明した)反流領域を企図する。さらに別の具体例では、これまで説明したゾーンA、B及びCの特性の1つのみを備えて配置された穴を有するこれらの具体例を含む、ゾーンA、B及びCの3つすべて

40

50

ではなくより少ないゾーンを備える核生成ゾーンが存在する。

【0087】

図18Dは、本発明の1つの具体例による核生成チャンバ460を示す。ハウジング461は、ガス入口462と、液体入口463と、泡出口464とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。ハウジング461内に含まれるのは、圧力下のガスを入口462から受け取る略円筒形状のガス・チューブ466である。ガスチャンバ466は、円筒形状のチューブとして説明されているが、本発明のさらに他の具体例は、泡が結果として生じるようにガスの流れを液体の流れ内に提供するように適合され構成された任意のサイズ及び形状の内部ガスチャンバを企図する。

【0088】

ガス・チューブ466は、ハウジング461内にほぼ同軸に配置され（同軸の配置は必要とされないが）、それにより、入口463からの液体は、チューブ466の外面の周りを全体的に流れる。チューブ466は、好ましくは、チューブ466内からのガスを全体的にハウジング461の内部の泡形成通路に流すように適合され構成された複数の開口470を含む。図18Dに示すように、開口470は、チューブ466の長さに沿って全体的にランダムに、好ましくは、チューブ466の円周を取り囲んで配置される。しかし、本発明のさらに他の具体例は、入口に向かって、出口に向かって、ほぼ中央内に、又はその任意の組み合わせなどの、チューブ466の特定の選択部分に限定された場所を有する、開口470を企図する。

【0089】

図18Eは、本発明の1つの具体例による核生成チャンバ560を示す。ハウジング561は、ガス入口562と、液体入口563と、泡出口564とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。ハウジング561内に含まれるのは、圧力下のガスを入口562から受け取るガスチャンバ又はプレナム566である。ガスチャンバ566は、円筒形状のチューブとして説明されているが、本発明のさらに他の具体例は、泡が結果として生じるようにガスの流れを液体の流れ内に提供するように適合され構成された任意のサイズ及び形状の内部ガスチャンバを企図する。

【0090】

ガス・チューブ566は、ハウジング561内にほぼ同軸に配置され（同軸の配置は必要とされないが）、それにより、入口563からの液体は、チューブ566の外面の周りを全体的に流れる。チューブ566は、好ましくは、チューブ566内からのガスを全体的にハウジング561の内部の泡形成通路内に流すように適合され構成された複数の開口570を含む。図18Eに示すように、開口570は、チューブ566の長さにはほぼ沿って、好ましくは、チューブ566の円周を取り囲んで配置される。しかし、本発明のさらに他の具体例は、入口に向かって、出口に向かって、ほぼ中央内に、又はその任意の組み合わせなどの、チューブ566の特定の選択部分に限定された場所を有する、開口570を企図する。

【0091】

ゾーン572a、572b、及び572c内の開口は、核生成チャンバ560に関してこれまで説明したように全体的に配置される。図18Eは、迎え角571aを有する単一の核生成ジェット570aを示す差し込み図を含む。ガス出口ジェット570aの速度ベクトルは、入口562及び563から出口564までの泡流路の全体的流れ方向とは逆である（すなわち上流側への）速度成分を含む。

【0092】

図18Fは、本発明の1つの具体例による核生成チャンバ660を示す。ハウジング661は、ガス入口662と、液体入口663と、泡出口664とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。ハウジング661内に含まれるのは、圧力下のガスを入口662から受け取る略円筒形状のガス・チューブ666である。ガスチャンバ666は、円筒形状のチューブとして説明されているが、本発明のさらに他の具体例は、泡が結果として生じるようにガスの流れを液体の流れ内に提供するように適合され構成

10

20

30

40

50

された任意のサイズ及び形状の内部ガスチャンバを企図する。

【0093】

ガス・チューブ666は、ハウジング661内にほぼ同軸に配置され（同軸の配置は必要とされないが）、それにより、入口663からの液体は、チューブ666の外面の周りを全体的に流れる。チューブ666は、好ましくは、チューブ666内からのガスを全体的にハウジング661の内部の泡形成通路に流すように適合され構成された複数の開口670を含む。図18Fに示すように、開口670は、チューブ666の長さにほぼ沿って、好ましくは、チューブ666の円周を取り囲んで配置される。しかし、本発明のさらに他の具体例は、入口に向かって、出口に向かって、ほぼ中央内に、又はその任意の組み合わせなどの、チューブ666の特定の選択部分に限定された場所を有する、開口670を企図する。

10

【0094】

核生成チャンバ660内の泡は、これまで論じたようにガス及び液体のストリームの最初の混合を含む核生成ゾーン665内で最初に形成される。泡がこのゾーンを離れるとき、これは、下流側の成長領域674内に流れ、超音波変換器675上及びその周りを進む。1つの具体例では、変換器675は、ロッド（図示するように）であるが、さらに他の具体例では、超音波変換器は、核生成ゾーン665を出た泡に超音波励起を提供するように適合され構成され、任意の形状のものでよいことが理解される。例えば、本発明のさらに他の具体例は、泡が円筒の内径を流れ抜けるように略円筒形状を有する変換器を企図し、変換器が流路661の内径よりも小さい一部の具体例では、泡は、変換器の外径にわたっても進む。さらに、1つの具体例は、超音波周波において励起される変換器を含むが、さらに他の具体例は、可聴周波及び亜音速周波を含むあらゆる周波において、振動し、核生成された泡に振動を付与するセンサを企図することが理解される。

20

【0095】

図18Fの小さい差し込み図を参照すれば、変換器675は、外部の電子源によって励起されることが好ましい。一例では、この電子源は、変換器675内の圧電素子を励起させる振動出力電圧をもたらす。振動型変換器の使用は、かなりの量の提供された液体を泡に変換させることに効果的であることが見出されている。本発明のさまざまな具体例は、1つ又は複数の単一周波、一定の範囲にわたる周波数掃引、又は一定の周波数範囲にわたるランダム周波数入力を含む、任意のタイプの振動入力に変換器675内で振動を励起させることを企図する。1つの試験では、Sharper tekによって提供された変換器が、25kHzを超える周波数において励起された。略円筒形状の変換器ロッドが示されているが、さらに他の具体例は、側部装着された変換器、すなわち効果を改善するためにチャンバ内の液体及びガスが変換器近くを流れるように矩形形状のチャンバ内で使用することができる変換器を含む、任意の形状の振動変換器を企図する。さらに、変換器675の電子励起は、一部の具体例において企図される一方、他の具体例では、変換器675は、油圧式又は空気式入力によるものを含む、他の機械的手段によって励起できることが理解される。さらに、別の具体例では、核生成チャンバを物理的に揺らすためにキャビネット42内での振動テーブルの使用を企図する。そのような具体例では、核生成チャンバの入口及び出口は、可撓性取付具によってキャビネット内の他の配管に結合される。

30

40

【0096】

より大きい泡セルが成長領域674を出るとき、これらは、好ましくはハウジング661の内部泡通路内に材料679を含むセル構造化領域678に入る。セル構造化領域678の材料679は、泡セル・サイズの第1のよりも大きい分布を領域674から受け取り、セル・サイズの第2のよりも小さくより狭い分布を出力部664に提供するように適合され構成される。一部の具体例では、構造化材料679は、メッシュを含む。

【0097】

図18Gは、本発明の1つの具体例による核生成チャンバ760を示す。ハウジング761は、ガス入口762と、液体入口763と、泡出口764とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。ハウジング761内に含まれるのは、圧力下

50

のガスを入口762から受け取る略円筒形状のガス・チューブ766である。ガスチャンバ766は、円筒形状のチューブとして説明されているが、本発明のさらに他の具体例は、泡が結果として生じるようにガスの流れを液体の流れ内に提供するように適合され構成された任意のサイズ及び形状の内部ガスチャンバを企図する。

【0098】

ガス・チューブ766は、ハウジング761内にほぼ同軸に配置され（同軸の配置は必要とされないが）、それにより、入口763からの液体は、チューブ766の外面の周りを全体的に流れる。チューブ766は、好ましくは、複数の核生成デバイス770を含み、その各々は、空気の通過のための複数の小さい穴を含む。図18Gの差し込み図に示すように、1つの具体例では、デバイス770は、オハイオ州、ノースロイヤルトン（North Royalton）のAlwitcoによって作製されたものなどの多孔質金属フィルタ・マフラである。これらのデバイスは、ねじ切りされた部材に取り付けられた多孔質金属部材を含む。空気が、ねじ切りされた部材から多孔質材料に提供され、この多孔質材料は、1つの具体例では、多孔質部材の周辺及び端部を取り囲む多様な穴を含み、穴は、約10から100ミクロンの直径の任意のものである。さらに他の具体例では、Alwitcoによって提供されたものなどの、多孔質金属ブリーザ-ベント-フィルタの使用を企図する。さらに別の具体例は、Alwitcoの超小型及びミニマフィン類似の（mini-muff）マフラのものなどに類似するガス出口流路を含む、デバイス770を企図する。

10

【0099】

より広く言えば、デバイス770は、チャンバ766内から圧力下のガスを受け取る内部流路を含む。デバイス770の端部は、デバイス770の内部通路からのガスが、液体の混合物周囲に流入し、泡を形成するような（ランダム又は順序付けられた）パターンで、（多孔質金属の使用などによって達成された、又は穴あけ、スタンピング、化学的エッチング、フォトエッチング、放電加工などによって達成された）複数の穴を含む。図18Gに最適に見られるように、一部の具体例では、デバイス770の多孔質端部は、円筒形状であり、液体流路内に延び、一方でさらに別の具体例では、多孔質端部は、全体的に平坦であり、さらに別の具体例では、任意の形状にすることができる。一部の具体例では、デバイス770は、デバイスの突起端部が、上流側上でほぼ無孔であり、デバイスの下流側が多孔質であるように方向的に配向された気孔率を有する。そのような具体例では、泡は、液体がデバイス770の突起本体上を進むときに液体のすぐ後に形成される。図18Gに示すように、一部の具体例では、ガスチャンバ766の長さに沿って且つその円周りに（又は別の形でそこから延びて）配置された複数のデバイス770が存在する。

20

30

【0100】

さらに別の具体例は、上記で論じた多孔質金属などの多孔質金属から製作されたガスチャンバ766を企図する。そのような具体例では、ガスは、このチャンバから逃げ、多孔質構造の長さ全体に沿って液体流路に入る。さらに、一部の具体例は、（穴あけ、スタンピング、化学エッチング、フォトエッチング、放電加工などによって形成された）複数の穴を含む材料から構築されたガスチャンバを企図する。

【0101】

図18Hは、本発明の1つの具体例による核生成チャンバ860を示す。ハウジング861は、ガス入口862と、液体入口863と、泡出口864とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。ハウジング861内に含まれるのは、圧力下のガスを入力862から受け取る略円筒形状のガス・チューブ866である。ガスチャンバ866は、円筒形状のチューブとして説明されているが、本発明のさらに他の具体例は、泡が結果として生じるようにガスの流れを液体の流れ内に提供するように適合され構成された任意のサイズ及び形状の内部ガスチャンバを企図する。

40

【0102】

ガス・チューブ866は、ハウジング861内にほぼ同軸に配置され（同軸の配置は必要とされないが）、それにより、入口863からの液体は、チューブ866の外面の周り

50

を全体的に流れる。チューブ 866 は、好ましくは、これまで説明した核生成ジェット 770 に類似する複数のデバイス 870 を含む。

【0103】

核生成チャンバ 860 内の泡は、これまで論じたようにガス及び液体ストリームの最初の混合を含む核生成ゾーン 872 内に最初に形成される。泡がこのゾーンを離れるにつれて、これは、下流側の成長領域 874 に流れ込み、対応する成長材料 875 上を進む。一部の具体例では、材料 875 は、好ましくは金属材料から形成されたメッシュである。有機材料が、クリーニングに使用される液体 822 への露出に耐えることができる場合、プラスチック材料もまた代用することができる。材料 875 がメッシュ以外の材料になり得ることが、さらに他の具体例によってさらに企図される。

10

【0104】

より大きい泡セルが成長領域 874 を出ると、これらは、好ましくは、ハウジング 861 の内部泡通路内に材料 879 を含むセル構造化領域 878 に入る。セル構造化領域 878 の材料 879 は、泡セル・サイズの第 1 のよりも大きい分布を領域 874 から受け取り、セル・サイズの第 2 のよりも小さくより狭い分布を出力部 864 に提供するように適合され構成される。一部の具体例では、構造化材料 879 は、金属から形成されたメッシュを含み、このとき領域 878 のメッシュのセル・サイズは、成長領域 874 のメッシュ・サイズよりも小さい。1つの試験において、デバイス 860 は、多量の液体を泡に変換することに成功した。

【0105】

20

図 18I は、本発明の 1つの具体例による核生成チャンバ 960 を示す。ハウジング 961 は、ガス入口 962 と、液体入口 963 と、泡出口 964 とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。ハウジング 961 内に含まれるのは、圧力下のガスを入口 962 から受け取る略円筒形状のチャンバ 966 である。

【0106】

ガスチャンバ 966 は、チャンバ 960 の泡流路内に全体的に配置され、それにより、入口 963 からの液体は、チャンバ 966 の外面の周りを全体的に流れる。1つの具体例及び図 18I の差し込み図に示すように、チャンバ 966 は、泡流路内に複数のラジエータ類似の構造体を含む。各々の構造体は、入口 962 からのガスを、泡流路にわたって延びる 1つ又は複数の横断チューブ 966 . 2 に提供する 1つ又は複数の主要供給管 966 . 1 を含む。これらの横断管 966 . 2 の各々は、流れる流体内にガスがそこを通過する複数の核生成ジェット 970 を含む。1つの具体例では、横断チューブ 966 . 2 は、複数のフィン類似の部材 975 と全体的に密着しており、このフィン類似の部材 975 は、横断チューブ 966 . 2 の一部又はすべてにわたって全体的に延びる。したがって、このチャンバ 966 は、核生成ゾーン 972 と、成長及びノ又は均一化領域 974 及び 978 のそれぞれとが組み合わされて単一のデバイスになる。その結果、液体は、デバイス 966 の上流側に入り、泡はデバイス 966 の下流側から出る。1つの具体例では、デバイス 966 は、コンピュータ・チップ冷却ラジエータ及びヒート・シンクに類似するものである。

30

【0107】

40

図 18J は、本発明の 1つの具体例による核生成チャンバ 1060 を示す。ハウジング 1061 は、ガス入口 1062 と、液体入口 1063 と、泡出口 1064 とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。ハウジング 1061 内に含まれるのは、圧力下のガスを入口 1062 から受け取るガスチャンバ 1066 である。

【0108】

1つの具体例では、チャンバ 1066 は、複数の長手方向に延びるチューブ 1066 . 2 と流体連通する供給プレナム 1066 . 1 を含む。好ましくは、チューブ 1066 . 1 及び 1066 . 2 の各々は、核生成チャンバ 1060 の流路内に延び、さらに、複数の核生成ジェット 1070 を組み込む。図 18J に見られるように、一部の具体例では、チューブ 1066 . 2 は、長手方向に配置され、それにより、液体は、チューブ 106 . 2 の

50

長さに沿って全体的に流れる。しかし、他の具体例では、チューブ 1066.2 は、さらに、核生成チャンバ 960 に関して説明したチューブ 966.2 に類似する方法で直交して配置できる。

【0109】

図 18K は、本発明の 1 つの具体例による核生成チャンバ 1160 を示す。ハウジング 1161 は、ガス入口 1162 と、液体入口 1163 と、泡出口 1164 とを含み、このとき泡形成通路は、入口と出口の間に配置されている。ハウジング 1161 内には含まれるのは、泡流路内にガスを解放するためのプレナム 1166、及びモータ 1184 によって駆動されるインペラ 1186 を含む電動混合デバイスの両方を含む核生成ゾーン 1172 である。1 つの具体例では、インペラ 1186 が、シャフトに連結され、塗装攪拌デバイスに類似する 1 つ又は複数の湾曲した攪拌パドルを含む。チャンバ 1166 の出口チューブからのガスは、攪拌パドルの上流側に提供される。この方法で形成された泡は、泡セル・サイズが大きく変動するが、受け入れられるものであることが見出されている。さらに別の具体例では、核生成領域 1172 の下流側に配置されたセル構造化領域 1178 (図示せず) を含む。攪拌部材のさらに別の例は、デバイス 1186-1 及び 1186-2 を含む、図 18K の差し込みで示される。1 つの用途では、核生成デバイス 1186-1 は、McMaster Carr によって販売されたものに類似する、コイル式ばねインペラに類似している。さらに別の具体例では、デバイス 1186-2 は、ヘア・ドライヤのインペラに構造が類似する。一部の具体例では、チャンバ 1160 内で調製される泡は、好ましくは、相対的に少ない流量で提供された液体 1163 と共に作製される。

【0110】

図 18L、図 18M、図 18N、図 18O、図 18P、図 18Q 及び図 18R は、本発明の別の具体例による核生成チャンバ 1260 を示す。これらの図は、核生成デバイス 1260 のさまざまな構成要素間のさまざまな角度関係及び他のジオメトリ関係を示す。図 18O は、核生成の第 1 のゾーン 1272a が、負の迎え角を有するジェットを含むことができることを示し、これは、核生成デバイス内に流れる液体の全体的な流れ方向とは反対の、ガス・プレナムを出た空気の流れ成分が存在し得ることを意味する。図 18P 及び図 18Q は、下流側の核生成ゾーン 1272b 及び 1272c が、(第 1 のゾーン 1272a をすでに通過して部分的に形成された) 液体の流れと同じ方向の流れ成分を含む、空気の注入角度を含むことができることを示す。図 18R は、さらに、発泡された混合物に渦をもたらすように配向された核生成ジェット 1270 を示す(すなわち核生成デバイスの中心軸周りの回転)。さまざまな核生成ジェットが、図 18R 内に示した渦角度の組み合わせを有することができることがさらに理解され、このとき、アルファ、ベータ、又はロー角度の任意のものが、図 18O、図 18P 又は図 18Q でそれぞれ示されている。

【0111】

本発明の一部の具体例では、すべての核生成ジェットの合計流れ面積は、ガス・プレナムの断面流れ面積 N の約 50 パーセントからガラス・プレナムの合計断面流れ面積 N の約 3 倍までの範囲にある。合計プレナム断面積に対する合計核生成ジェット面積のこの比を達成するために、長さ NL は、それに従って調整できる。さらに別の具体例では、ガス・プレナムの面積 N に対する核生成デバイスの内径の断面積 O の比は、約 5 未満にならなければならない。

【0112】

図 19 は、本発明のさまざまな具体例による航空機エンジンのクリーニングの絵画図を提供する。図 19A は、DC-9 の系列の航空機の翼とエンジン間に駐車された車両 21 を示す。図 19B 及び図 19C は、洗浄システム 20 を使用して DC-10 タイプの航空機の右エンジンをクリーニングする車両 21 を示す。車両 21 は、洗浄システム 20 を含む。ノズル 30 が、機体装着されたエンジン 10 の入口 11 近くで拡張可能なブーム 23 から支持される。流出物コレクタ 32 が、エンジン 10 の排気部 16 の近くに配置される。1 つの具体例におけるコレクタ 32 は、保持部材 34 に結合されたハウジング 33 を含む。一部の具体例における保持部材 34 は、クリーニング・プロセス中、エンジン 10

の後方でコレクタ32の場所を維持するために車両21(又は代替的にはタールマック又は他の適切な拘束部)に結合される。一部の具体例では、ハウジング33は、大型屋外遊具に類似する方法で、空気によって膨張可能である。そのような具体例では、車両21は、さらに、圧力下の空気をハウジング33に提供するためのブロワを含む。

【0113】

ブーム23によって支持されたノズル20からの泡は、好ましくは、エンジン10がそのスタータによって回転されるときに、エンジン10の入口内に提供される。泡28は、エンジン10がそのスタータ上で回転されるときに入口11に注入される。一部の具体例では、スタータの通常の作動の結果、最大のエンジン自走(すなわち非作動)速度を生じさせ、これは、通常、エンジン・アイドル(すなわち作動)速度よりも小さい。しかし、一部の具体例では、システム20を利用する方法は、好ましくは、通常の自走速度未満の回転速度においてエンジンを回転させることを含む。そのような低速作動では、エンジン10の低温領域構成要素は、泡の品質又は量を、これがエンジン高温領域に提供される前に低減させにくい。1つの具体例では、クリーニング中の好ましい回転速度は、自走速度の約25~約75パーセント未満である。

10

【0114】

図2-1A及び図2-1Bは、本発明の1つの具体例による洗浄又はクリーニング・システム20のさまざまな図を表す。示されるのは、ガス・タービン・エンジンのクリーニングに適用された洗浄システム20であるが、本発明のさまざまな具体例が、あらゆる物体のクリーニングを企図することが理解される。洗浄システム20は、車両21の内側に組み入れられ得る。車両21はまた、これが、容量を変動させながら、所望の場所まで車両21のように動くことができるトレーラ、コンパクト・カー、又は台車の形態をとることもできる。

20

【0115】

図2-1Aは、飛行場内で航空機90の翼上でクリーニングされているエンジン10の後部側の図を絵画的に表す。車両21は、支持体34によってエンジン10まで持ち上げられたホース33を介してクリーニング泡生成物をエンジン10に供給するための洗浄システム20を含む。これはまた、車両21が、支持体34又はまさにブーム23のようなものに供給することができることもまた、企図されている(後の図2-2を参照)。

30

【0116】

図2-1Bは、ジェット・エンジン10をクリーニングするために使用される洗浄システム20の前方図を絵画的に表す。システム20は、通常、ガスの供給源26(図示せず)と、水の供給源24と、クリーニング薬剤の供給源22と、電気供給源(図示せず)とを含み、これらすべては発泡システム40に提供される。発泡システム40は、これらの入力成分を受け取り、泡28の出力(図示せず)をノズル30を介してエンジン10の入口11に提供する。

【0117】

図2-2、図2-3及び図2-4は、流出物コレクタ32及び車両21の位置決めのあるさまざまな具体例を絵画的に表す。流出物コレクタ32は、後処理、再利用(処理ユニット80、後の図2-7を参照)のため、又は廃棄のために泡及び流出物を収集するように設計される。

40

【0118】

図2-2は、流出物コレクタ32を絵画的に表す。流出物コレクタ32は、屋外遊具と同様に、又は航空機の緊急時タラップ又は救命いかだと同様に膨張できる。1つの具体例における流出物コレクタ32は、航空機にとって安全及び優しく、泡、液体、及び固体粒子を含むように構造的に支持している。さらに、車両21は、ノズル30を持ち上げる(図2-8内のノズル30上ではさらに大きく)ブーム23を含むことができる。ブーム23は、エンジン10への泡導入のためにノズル30を位置決めすることを可能にする。ブーム23は、それだけに限定されないが、伸長、回転、及びノ又は角度に加えて、空間内の自由度の組み合わせ又は範囲を有することができる。

50

【 0 1 1 9 】

図 2 - 3 は、かなり大きいジェット・エンジン 1 0 上の（図 2 - 2 と同様の）流出物コレクタ 3 2 を絵画的に表す。車両 2 1 は、エンジン 1 0 の前方に位置決め可能であるが、この 1 つの具体例に限定されない。例えば、航空機 9 0 の上後部のジェット・エンジン 1 0 は、車両 2 1 及びブーム 2 3 の位置が入口に到達する（図 8 におけるように）のに十分な高さである。そのように企図されたシナリオでは、流出物コレクタ 3 2 は、ブーム 2 3 を備えた別の車両 2 1 によって、又は支持体 3 4 によって上昇できる（図 2 - 1 のように）。

【 0 1 2 0 】

図 2 - 4 は、流出物コレクタ 3 2 の 1 つの具体例を絵画的に表す。コレクタ 3 2 は、閉じ込め壁 3 7 を備えた床マットになることができる。一例では、閉じ込め壁 3 7 は、ブラケットによって持ち上げられるように企図され、又は膨張可能になるように企図された。流出物コレクタ 3 2 は、クリーニング・プロセス中、1 つ又は多くのエンジン 1 0 を包含するためにさまざまなサイズ及び寸法になることができる。

10

【 0 1 2 1 】

図 2 - 5 は、本発明の 1 つの具体例によるシステムを用いてクリーニングされている航空機エンジン 1 0 の概略及び画家による写真図である。エンジン 1 0 は、航空機 9 0 の設計によって装着され、ここでは、図は、後部に向かって水平に装着されたエンジン 1 0 を備えた二重ロータヘリコプタ（Bell）を示しているが、別の設計は、翼の側部に装着されたエンジン 1 0 を有し、鉛直と水平の間で駆動する（V22 オスプレイ）。この写真図に実証された車両 2 1 は、トレーラを組み入れる。V22 航空機上のエンジン 1 0 の配向は鉛直であり、ここでホース 3 3 は、泡クリーニング生成物をエンジン入口 1 1 のノズル 3 0 に向ける。この形でエンジン 1 0 をクリーニング又は洗浄することは、エンジン規定（図 2 - 1 0 により詳しく）が、可能であればエンジン 1 0 のコア構成要素に、回転、静止又はその両方を交互に行わせることを可能にする。クリーニング泡生成物は、攪拌 / 回転無しに下方向につながって落ちることができることが企図されている。流出物は、次いで、エンジン 1 0 の底部から退出して（図 2 - 4 と同様に）捕捉される、又は下水道に入れられる。

20

【 0 1 2 2 】

図 2 - 7 は、本発明の 1 つの具体例によるクリーニング・プロセス / 方法の概略図である。すべてのこれまでの図に実証するように、本発明の装置及び方法は、当分野において多用途性を可能にすることができる。概略図は、エンジン 1 0 をクリーニングするためのプロセス・ステップの方法路を示す。説明の目的で、プロセスは、洗浄システム 2 0 を含む車両 2 1 において開始する。洗浄システムは、泡クリーニング生成物を提供してエンジン 1 0 をクリーニングし、ここでは、汚れ、汚染物質、液体及び泡、すなわち流出物がエンジン 1 0 から放出される。現場の状態及び法規は変動するため（すなわち、航空機、私有地、又は軍ゾーン）、方法及び本発明の設計は、モジュラ柔軟性を車両 2 1 に組み込むことを企図する。例えば、流出物は、これが辿ることができる 3 つの方法ルート、経路 A、B 又は C を有する。第 1 の経路 A では、流出物は、下水道又は地面に直接的に進むことができる。次に、流出物コレクタ 3 2 システムにより、泡、液体、及び汚染材料は、通路 B 又は C によって示す、処理ユニット 8 0 によって再利用され及び / 又は処理できる。車両 2 1 は、経路 B 内に示すように処理ユニット 8 0 を収容できる。一方では、通路 C 内では、処理ユニット 8 0 は、車両 2 1 から別個に取り扱われ得る。処理ユニット 8 0 は、A X E O N Water Technologies によって販売されるものに類似する予め構築されたモジュールになることができる。

30

40

【 0 1 2 3 】

図 2 - 8 A、図 2 - 8 B は、本発明の 1 つの具体例による泡注入システムを示すエンジンの類似の概略図である。この概略図は、ファンの入口 1 1 を備えたエンジン 1 0 及び圧縮機領域の拡大前方図を示す。2 つの図は、この斜視図を、特に、エンジン 1 0 に関連するノズル 3 0 を見やすくするように示される。ノズル 3 0 は、複数のノズル、及び / 又は

50

位置式、角度式、及びノ又は回転式に接続するノズルになることができる。例えば、両方の図における点Aは、縦長チューブ（サイズは限定されない）を備えた接続ノズル（すなわちTask Force Tipsによって販売されるロボット又はモニタ、遠隔制御されたモニタY2-E11A）を示し、この場合、クリーニング泡生成物は、エンジン10の圧縮機入口11に到達し、狙うことができる。同様に、両方の図における点Bは、「Y」形状ノズル出口（ただし設計において限定的ではないが、）を有し、エンジン10のコア回転の軸に沿って配置された接続ノズルを示し、ここでは、ノズル30は、圧縮機入口11ゾーンに沿って軸方向に回転することができる。

【0124】

図2-9Aは、本発明の1つの具体例による泡連結システム41を示すエンジンの切断した内部の概略図である。エンジン10は、通常、入口11と、ファン12（図示せず）と、1つ又は複数の圧縮機13とを含む低温領域を含む。圧縮された空気は、コンバスタ14と、1つ又は複数のタービン15と、排気システム16とを含む、エンジン10の高温領域に提供される。さまざまなエンジンは、汚染エンジン10による摩耗及び破損における変動を有するため、製造者は、水洗浄手順用に設計された専用のチューブ42、連結部、又は通路を有する。本発明は、泡によるクリーニング・システムが、図2-5を参照して改善を有することを示しているため、ノズル30又はホース33は、ここでも泡連結点41（点線）の1つ又は多くに直接的に連結して、特有の、一部の、又はすべてのエンジン領域を狙うことができる。

【0125】

一例として、一部の圧縮機領域は、エンジンの高温領域を冷却するためにブリード空気（抽気）を航空機に提供する、又は相対的に低温の圧縮された空気を提供するなどのために、圧縮された空気を運ぶ1つ又は複数のマニホールド又は管を含むことが知られている。一部の具体例では、クリーニング泡は、これらのマニホールド又は管を通してエンジンに提供される。この泡は、エンジンが回転している間、又はエンジンが静止しているときに提供できる。さらに、エンジン高温領域は、高温領域を冷却する目的でより低温の圧縮された空気を受け取る管又はマニホールドと、ボロスコープ点検又は他の目的のために使用されるブランク・オフ・ポート（blanked off port）とを含むことが知られている。本発明のさらに他の具体例は、静止しているエンジン又は回転するエンジンにおいて、泡をそのような管及びポートに導入することを企図する。

【0126】

図2-9Bは、本発明の1つの具体例による泡連結システムを示す内部及び外部の構成要素を備えた、エンジンの切断概略図である。図2～図9Aと同様の形で、エンジン10の切断図は、入口11と、ファン12と、圧縮機13領域と、コンバスタ14領域と、タービン15領域と、排気16領域とを有する。既存又は将来的なエンジン製造工学の変更に関わらず、チューブ43、通路、連結部は、エンジン10領域をクリーニングするための泡を送出するために使用できる。図2-1Bを参照すれば、ホース33は、ノズル30に連結するようにされているが、代替的には、ホース33は、エンジン10の、連結部41の1つ又は複数点に直接的に連結することができる。

【0127】

図2-10は、本発明の1つの具体例/方法によるエンジン・クリーニング回転サイクル規定のグラフである。直近の図に実証するように、エンジン10は、数多くの形（すなわち、水平、鉛直）で装着することができ、エンジンは数多くの形状及びサイズになることができる。これに留意すると、泡クリーニング手順は、規定されたエンジン10コア速度（圧縮機13領域及びタービン15領域）においてより効果的に作用することができる。例として、このグラフは、N1、N2、及びN3として示すように（3つの個々のシャフトによってリンクされた圧縮機13からタービン15まで）3つのタイプのコア速度を有する。Y軸は、最大許容回転速度である（実際の値は図示せず、スケールは実例として）。X軸は時間である（原寸通りではない、例としてのみ）。エンジン・クリーニング規定の目的は、ガス経路内側エンジン10に溢出した泡を回転させ攪拌することである。

10

20

30

40

50

泡は、汚染物質と接触し、擦り取り、除去する。泡は、異なる回転（攪拌）速度において異なる流体動的特性を有する。こうして、さまざまな範囲の速度においてエンジン 10 を循環させることにより、クリーニング効果を達成することができる。図は、エンジン 10 が、3 回クランクされるが（3 サイクル）、この周波に限定されないことを示す。第 1 のサイクルを評価することにより、N 1、N 2、及び N 3 は、慣性量に従って挙動することが明白である。N 1、N 2、N 3 がゼロであるゼロにおいて、エンジンが 1 単位クランクされたとき、N 1、N 2、N 3 は、約 10.5%、8.5%、5.8% の天井にそれぞれ到達する。エンジン 10 の内側の溢出した泡生成物は、N 3 を、流体力学的摩擦によってよりすばやく停止させ、一方でそれと比較して、N 1 は、より長く回転を維持することができる。規定において 1 回又は多数回循環させることが好ましいが、エンジン 10 はまた、図 2 - 5 に論じたようにガス経路に注入し、溢出させることによって回転することなくクリーニングすることもできる。泡の温度は、サイクリング規定の周波及び振幅に有用である。車両 21 は、クリーニング規定を調節し、良い影響を与えるためにヒータ 38 を収容することができる。

10

【0128】

図 2 - 11 は、エンジン監視及び利益定量化のための本発明の 1 つの方法のグラフ図である。エンジン 10 を適切にクリーニングする良い影響及び利点が、さらに、本発明において定量化できる。診断又はテレメトリ・ツールを用いて財政上、作動上、保全上、環境上（すなわち炭素クレジット、オンウィング時間、燃料節約など）のものを得る。データ分析ツールは、エンジン 10 の寿命及び安全性を高めるための科学的方法である。図 2 - 11 に示すように、本発明の 1 つの具体例は、方法を含む。例えば、航空機又はポート内のエンジン 10 は、情報をデータ・センタに送信する。次に、エンジン・オペレータ又は製造者は、コンピュータ自動化を介して、別個に又は訓練を受けた専門家と共に、泡エンジン・クリーニング方法を要請する。この監視方法と共に泡クリーニング方法を実行したとき、性能回復計量が改善をログ取りすることができる。これらの定量化された改善は、財政上の目標、炭素クレジット、エンジン寿命延長及び/又は安全性に関して収集できる。

20

【0129】

図 2 - 12 は、本発明の 1 つの具体例による携帯用流出物コレクタのさまざまな具体例を示す。流出物コレクタは、トレーラ 232.1 を含み、トレーラ 232.1 は、地面からこれを支持する複数の車輪を有し、好ましくは別の車両によってけん引するためのトレーラ連結装置も含む。トレーラは、エンジン・クリーニング・プロセス中、泡流出物を支持し含むように適合及び構成できる、貨物コンパートメントを含む。これらの図に示すように、貨物コンパートメントは、プラスチック製の防水性且つ水密性の可撓性シートで裏張りされ、それによって車輪によって全体的に支持された収集プール 232.2 を形成する。

30

【0130】

トレーラは、好ましくは、輸送のためにコンパクトな形状に好都合に折り畳むことができる複数の収集デバイスを含む。これらのデバイスはまた、クリーニング・プロセス中、泡の収集のために直立状態に伸長され、支持されることができる。

40

【0131】

図 2 - 12 は、クリーニング・プロセス中泡を収集するのに適した伸長された状態のトレーラ及び収集デバイスを示す。排気コレクタ 232.3 は、防水性及び水密性である可撓性シートによって形成され、離間されたリップ 232.34 の対によって分離される。支持リップの各々は、トレーラの両側に配置され、これらの各々は、トレーラ 232.1 の前方端部に枢動的に結合される。好ましくは、シートは、十分な大きさであり、リップ上に緩くかぶせられ、それにより、鉛直に支持された状態において、シートは、エンジンの排気部から出る泡の収集のための入口 232.34 を有する筐体 32.31 を形成する。筐体 232.31 は、入口から、プール 232.2 の近位に配置された排水路までの重力支援流路を形成する。入口において受け取られたあらゆる泡は、筐体内を下方方向に流れ、排水

50

路を介してプールに入る。鉛直の支持体 232 . 33 の対が、筐体の両側に設けられる。鉛直支持体の各々は、1つの端部において、トレーラの側部と結合し、別の端部において対応するリブと結合する。リブ及び対応する鉛直支持体は、伸長された状態（図2～図12を示すように）において互いに係止されて、筐体を直立状態に維持する。リブ及び鉛直支持体が係合解除したとき、リブをトレーラの後部に向かって折り畳み、鉛直支持体をトレーラの前方に向かって折り畳むことができ、又は輸送の目的のために除去することができる。

【0132】

トレーラ 232 . 1 の後方端部は、洗浄されたエンジンの入口から、及びナセル・ドアが開いている場合はエンジンの下方からも流出液を捕捉するように適合され構成されたコレクタ 232 . 4 を含む。コレクタ 232 . 4 は、トレーラ 232 . 2 の前方端部から延び、鉛直支持体 232 . 43 によって支持されたとき、洗浄されているエンジンの入口に向かって上方の角度を有する。エンジン入口から出る、又はエンジンナセルから出るあらゆる泡は、離間された、ほぼ平行な支持リブ 232 . 42 の対間のシート 232 . 41 の支持体によって形成された排水経路上に落下する。これらのリブの各々は、トレーラ 232 . 2 の前方端部に枢動的に連結される。鉛直支持体 232 . 43 の各々は、リブに取り付けられ、地面と接触する。凹状シート 232 . 41 の排水経路上に落下するあらゆる泡は、重力によってプール 232 . 2 に向かって移動する。

10

【0133】

本発明の異なる具体例のさまざまな態様が、以下の通りに段落 X1、X2、X3、X4、X5、X6 及び X7 において表される。

20

【0134】

X1 . 本発明の1つの態様は、水溶性液体クリーニング剤を発泡させるための装置であり、順次に配置された複数の泡操作部分又は領域を有するハウジングであって、ガス入口と、水溶性クリーニング剤の液体入口と、泡出口とを有するハウジングを有し、1つの領域又は部分は、複数の開口を有する加圧されたガス注入デバイスを含み、前記ハウジングの内部は、液体入口から液体を受け取り、開口から放出されたガスを受け取り、第1の平均セル・サイズ及び第1の範囲のセル・サイズの泡を形成する混合領域を形成し、他の泡操作部分は、第1の分布範囲及び第1の平均サイズを有するセルを受け取り、セルの付着及び融合のための表面領域を提供するセル付着及び成長部材上にこれらを流して、第2のより大きい平均セル・サイズを有する泡を形成し、さらに他の泡操作領域又は部分は、第1の範囲のセル・サイズを有する泡を受け取り、泡のサイズの範囲を低減し、より均一な泡出力を提供するように適合された構成された泡構造化部材を通るようにこの泡を流すようになっている装置に関する。

30

【0135】

X2 . 本発明の別の態様は、液体を発泡させる方法であって、泡を形成するために液体及び加圧されたガスを混合する段階と、泡を部材に流し、セルのサイズを増大させる段階と、その後セルのサイズを低減させるために泡を複数の開口又は格子を通して流す段階とを含む、方法に関する。

【0136】

40

X3 . 本発明のさらに別の態様は、空気発泡された水溶性液体クリーニング剤を提供するためのシステムであって、周囲圧力より大きい圧力で空気を提供する空気ポンプと、圧力をかけて水溶性液体を提供する液体ポンプと、空気ポンプから空気を受け取る空気入口と、液体ポンプから液体を受け取る液体入口と、泡出口とを有する核生成デバイスであって、加圧された空気及び液体を乱流的に混合して泡を形成する、核生成デバイスと、泡導管を通して泡を受け取るノズルとを備え、前記ノズル及び前記導管の前記内部通路は、泡の乱流を低減させるように適合され構成され、前記ノズルは、泡の低速ストリームを送出するように適合され構成される、システムに関する。

【0137】

X4 . 本発明のさらに別の態様は、空気発泡された水溶性液体クリーニング剤を航空機

50

に設置されたジェット・エンジンの入口に供給する方法であって、水溶性液体クリーニング剤源、液体ポンプ、空気ポンプ、乱流混合チャンバ、および非噴霧式ノズルを提供する段階と、加圧された空気と加圧された液体を混合チャンバ内で混合し、泡の供給体を形成する段階と、設置された入口の正面にノズルを置く段階と、泡の供給体を、設置された入口内にノズルから流し入れる段階とを含む、方法に関する。

【0138】

X5．本発明の別の態様は、水溶性液体クリーニング剤を発泡させるための装置であって、加圧されたガスと流れる水溶性液体を混合して泡を形成するための手段と、泡のセルのサイズを成長させるための手段と、成長したセルのサイズを低減させるための手段とを備える、装置に関する。

10

【0139】

X6．本発明のさらに別の態様は、ジェット・エンジンの泡クリーニングを計画する方法であって、ジェット・エンジンの一群の部材の泡洗浄によって達成可能な一群のジェット・エンジンの作動パラメータに対する改善の範囲を定量化する段階と、航空機に設置された一群のエンジンを一定期間作動させる段階と、作動中にエンジンの性能を測定する段階と、エンジンが泡洗浄されるべきであることを決定する段階と、エンジンの泡クリーニングを予定する段階とを含む、方法に関する。

【0140】

X7．本発明のさらに別の態様は、ガス・タービン・エンジンの泡クリーニングのための装置であって、防水性ライナを有する貨物コンパートメントを有する多輪トレーラと、第1の離間されたリブの対によって支持された第1のシートを備えた排気流出泡コレクタであって、第1のリブは、トレーラの一方向の端部に枢動式に結合され、リブ及びシートは、封入流路を形成するように共働し、流路の1つの端部は、泡を受け取るための入口を有し、流路の他方の端部は、泡流出物をライナに提供するように適合され構成された排水路を有する、排気流出泡コレクタと、第2の離間されたリブの対によって支持された第2のシートを備えた入口泡コレクタであって、第2のリブは、前記トレーラの他方の端部に枢動式に結合され、リブ及びシートは、ライナへの排水経路を提供するように共働する、入口泡コレクタとを備える、装置に関する。

20

【0141】

さらに他の具体例は、次の他の態様の1つ又は複数と組み合わせられる、上記の記載X1、X2、X3、X4、X5、X6又はX7のいずれかに関する。また、前述のX項の任意のものは、他のX項の個々の構成と組み合わせることができる個々の構成のリストを含むことも理解される。

30

【0142】

ここで、第1の流れ部分、第2の流れ部分、及び第3の流れ部分は、ほぼ同じ流れ面積を有する。

【0143】

ここで、ハウジングは、内壁及び内部軸を有し、内部流路の方向は、軸から内壁に向かうものである。

【0144】

ここで、第1、第2、及び第3の流れ部分の少なくとも2つは、同軸であり、又は第3の流れ部分は、第1又は第2の部分から最も外側であり、又は第1の流れ部分は、第2又は第3の部分の最も内側である。

40

【0145】

第1、第2、及び第3の流れ部分は同軸であり、第2の流れ部分は、第1の部分と第2の部分の間にある。

【0146】

内部流路の方向は、液体入口から泡出口に向かうものである。

【0147】

成長部材は、ワイヤ・メッシュを含む。

50

【0148】

ワイヤ・メッシュは、第1のメッシュ・サイズを有し、構造化部材は、第1のメッシュ・サイズよりも小さい第2のメッシュ・サイズを有するワイヤ・メッシュを含む。

【0149】

メッシュは、プラスチック材料又は金属材料を含む。

【0150】

構造化部材は、開口プレート、格子、又は繊維性マトリクスを含む。

【0151】

第1の泡を部材に流すことは、第1の泡の乱流を増大させる。

【0152】

さらに、入口及び出口を有するチャンバ内に第3の泡を流すことを含み、このチャンバは、第3の泡の乱流を低減させるように適合され構成される。

【0153】

チャンバは、入口と出口の間に第3の泡のより積層の流れを提供するように適合され構成される。

【0154】

混合は、液体を第1の方向に流すことと、第1の方向とは少なくとも部分的に反対の速度成分を有する第2の方向にガスを注入することを含む。

【0155】

第2の泡を流すことは、速度をとめない、これはさらに、第3の泡を、ほぼ同じ速度で物体上に流し、物体をクリーニングすることを含む。

【0156】

ノズルは、泡のストリームをジェット・エンジンの抽気ダクトに提供するように適合され構成される。

【0157】

ノズルは、泡のストリームを、ジェット・エンジンに装着されたチューブのマニホールドに提供するように適合され構成される。

【0158】

ストリームは、略一定の直径を有する。

【0159】

ノズルは、第1の流れ面積を有し、導管は第2の流れ面積を有し、第1の流れ面積は、第2の流れ面積とほぼ同じである。

【0160】

泡出口は、第1の流れ面積を有し、導管は第2の流れ面積を有し、第1の流れ面積は第2の流れ面積とほぼ同じである。

【0161】

ノズルは、合計流れ面積を有する1つ又は複数のノズルであり、泡出口は、出口面積を有し、出口面積は、合計流れ面積とほぼ同じである。

【0162】

核生成デバイスは、複数の空気流開口を有し、且つ液体の流れが提供されるチャンバ内に配置された空気加圧されたプレナムを含み、開口は、空気を流れる液体内に放出して泡を形成する。

【0163】

核生成デバイスによって受け取られた空気は、約10 psigより大きく、且つ約120 psigより小さい圧力を有し、前記核生成デバイスによって受け取られた液体は、約10 psigより大きく、且つ120 psigより小さい圧力を有する。

【0164】

流し入れられる供給体は、約91.44 cm (約3フィート) 毎秒を超え、且つ約457.2 cm (約15フィート) 毎秒未満の速度にある。

【0165】

10

20

30

40

50

流し入れられる供給体は、略一定の直径の均一ストリームである。

【0166】

提供は、混合チャンバの下流側のセル成長チャンバを含み、さらに、泡セルのサイズを混合後且つ流し入れの前に成長させることを含む。

【0167】

提供は、混合チャンバの下流側に乱流低減チャンバを含み、さらに、混合された泡の乱流を混合後且つ流し入れの前に低減させることを含む。

【0168】

設置されたエンジンは、配向において略鉛直であり、流し入れは、エンジンの回転無しに設置された入口に入るものである。

【0169】

成長手段は、成長メッシュを含み、低減手段は、低減メッシュを含み、低減メッシュのメッシュ・サイズは、成長メッシュのメッシュ・サイズよりも小さい。

【0170】

成長手段は、混合手段からの泡のセルの付着及び融合のための表面を提供するように適合され構成される。

【0171】

成長手段は、複数の第1の通路を含み、低減手段は、第1の通路よりも小さい複数の第2の通路を成長したセルに通過させることによって、成長したセルの少なくとも一部のサイズを低減させるように適合され構成される。

【0172】

混合手段は、ガスをチューブ内から流れる液体に注入することである。

【0173】

混合手段は、加圧されたガスを多孔質金属フィルタを通して流れる液体内に提供することによるものである。

【0174】

混合手段は、電動回転式インペラを含む。

【0175】

混合手段は、ガスの注入によって流れる液体に渦を付与する。

【0176】

成長手段は、振動ロッドであり、又は超音波変速器である。

【0177】

さらに、特有のエンジンの測定された性能をエンジンの所有者に提供することを含み、決定することは、エンジン所有者によるものである。

【0178】

作動パラメータは起動時間である。

【0179】

作動パラメータは、エンジンの燃料消費率である。

【0180】

作動パラメータは、エンジンによって発せられた炭素又は窒素酸化物である。

【0181】

測定することは、商用旅客装置作動中に起こる。

【0182】

さらに、一方の端部においてトレーラに取り付けられ、他方の端部において第1のリブの1つに取り付けられた鉛直支持体を備え、鉛直支持体は、封入された流路を直立状態に維持して、入口から排水路までの重力誘発された排水を容易にする。

【0183】

さらに、一方の端部においてトレーラに取り付けられ、他方の端部において第2のリブの一方に取り付けられた鉛直支持体を備え、鉛直支持体は、排水経路を上方向の角度で維持して、ライナに向かう重力誘発された流れを容易にする。

10

20

30

40

50

【 0 1 8 4 】

本発明は、図及び前述の説明において詳細に例示され説明されてきたが、これは、例示的であり、構成において制限的でないと考えられるものであり、特定の具体例のみが、示され説明されており、本発明の範囲内に入るすべての変更及び改変形態は、保護されることが望まれることが理解される。

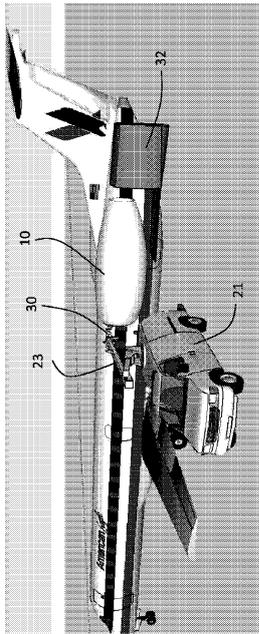
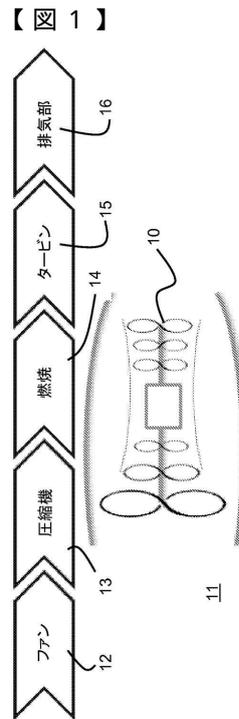
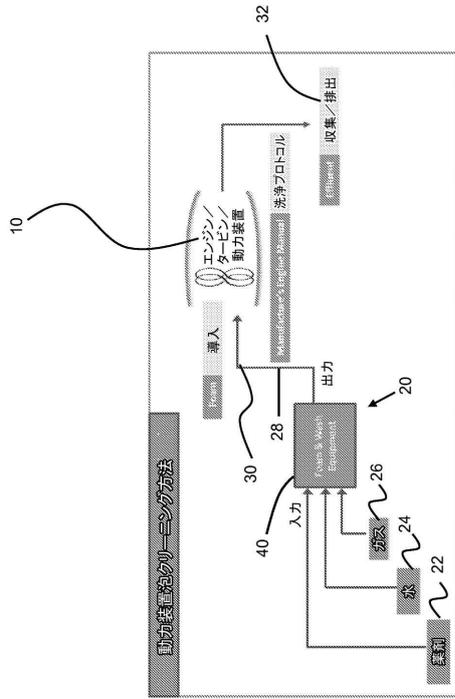


FIG. 2



【図2】



【図2-1A】

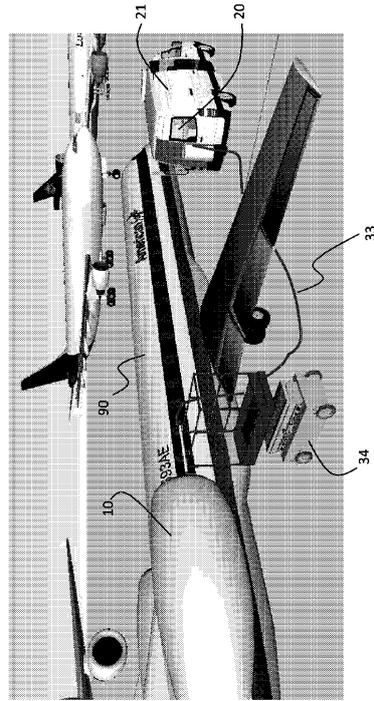


FIG. 2-1A

【図2-1B】

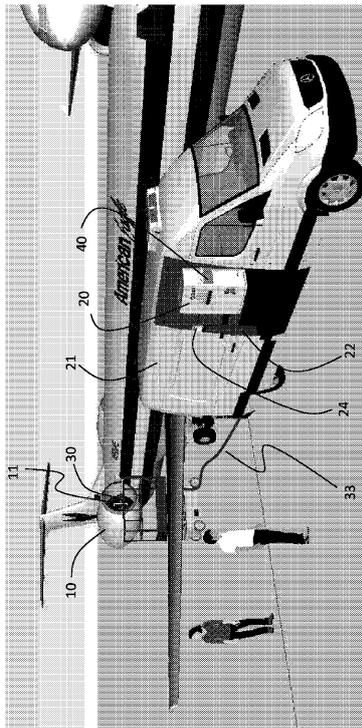


FIG. 2-1B

【図2-3】

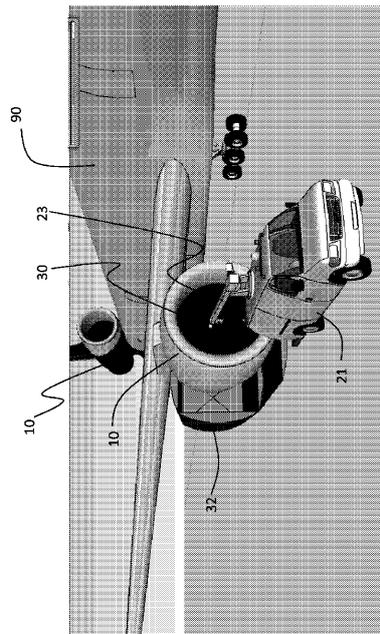


FIG. 2-3

【図 2 - 4】

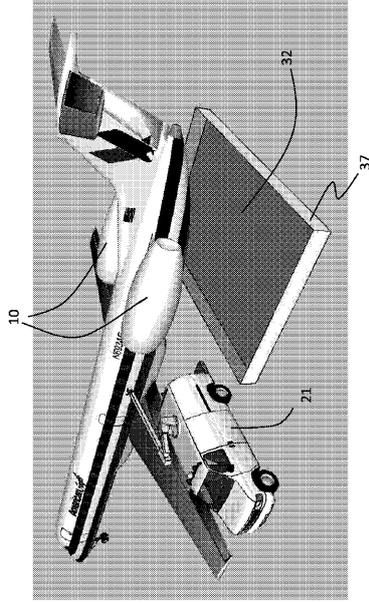
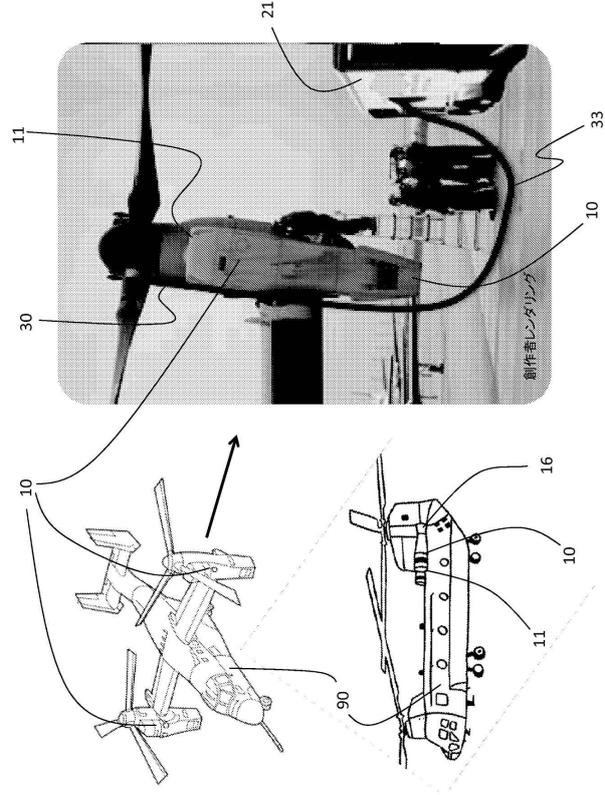
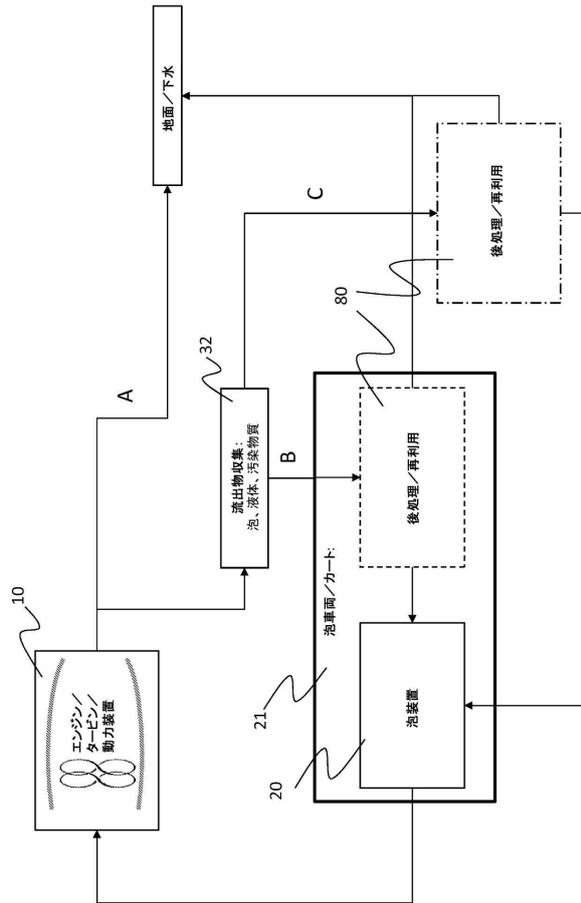


FIG. 2-4

【図 2 - 5】



【図 2 - 7】



【図 2 - 8 A】

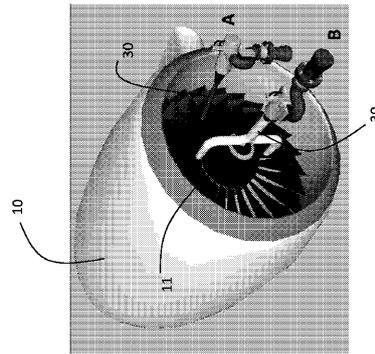


FIG. 2-8A

【図 2 - 8 B】

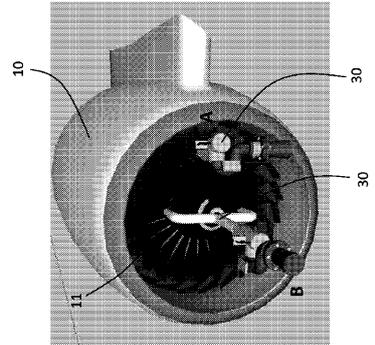
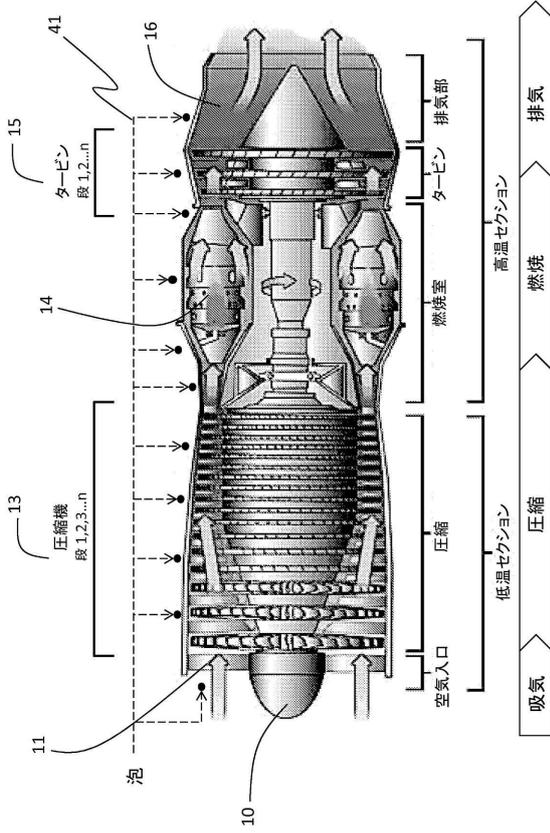
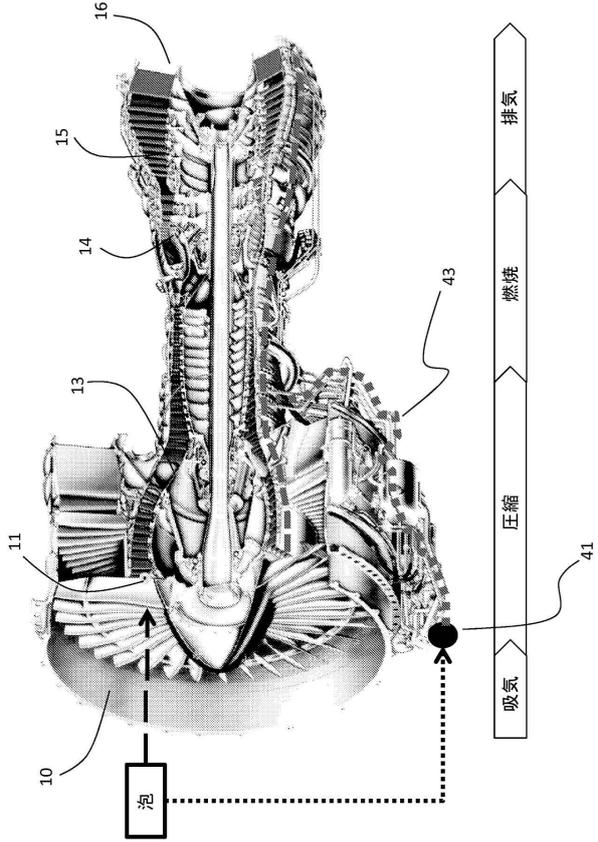


FIG. 2-8B

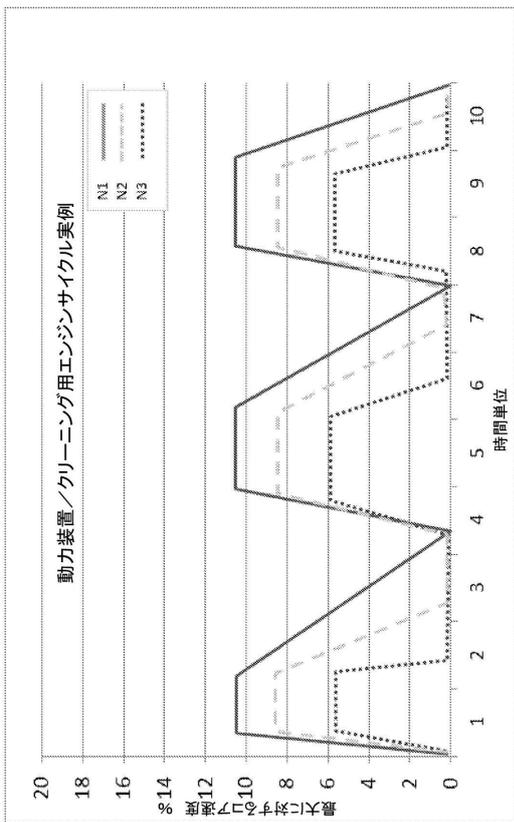
【図 2 - 9 A】



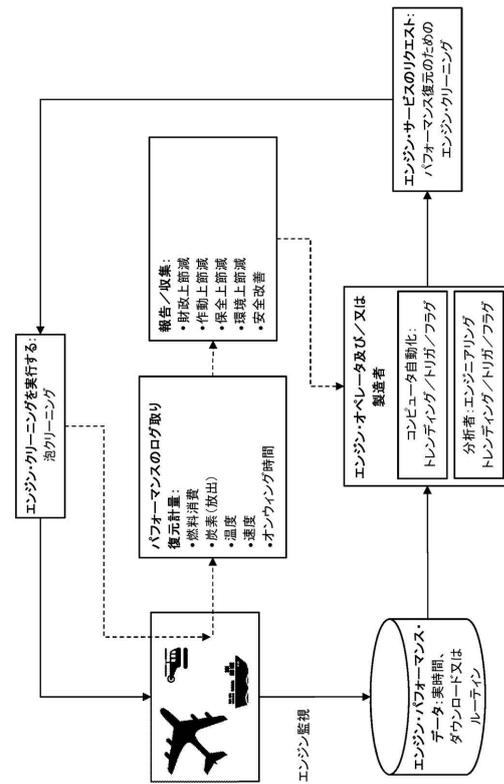
【図 2 - 9 B】



【図 2 - 10】



【図 2 - 11】



【 図 2 - 1 2 A 】

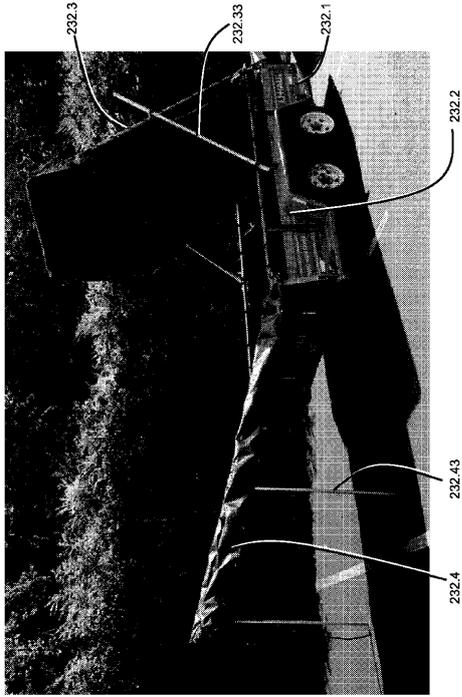


FIG. 2-12A

【 図 2 - 1 2 B 】

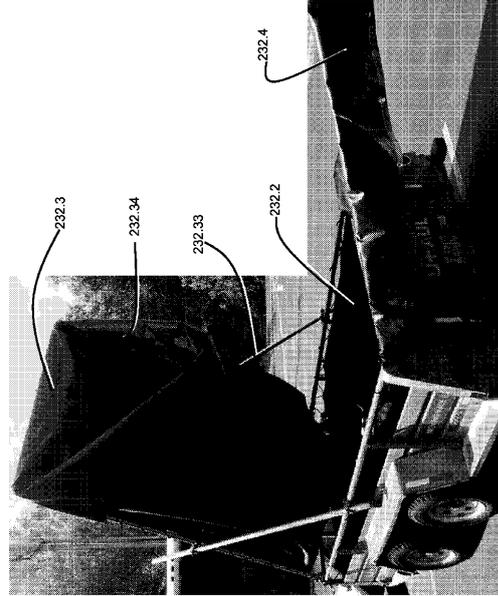


FIG. 2-12B

【 図 2 - 1 2 C 】

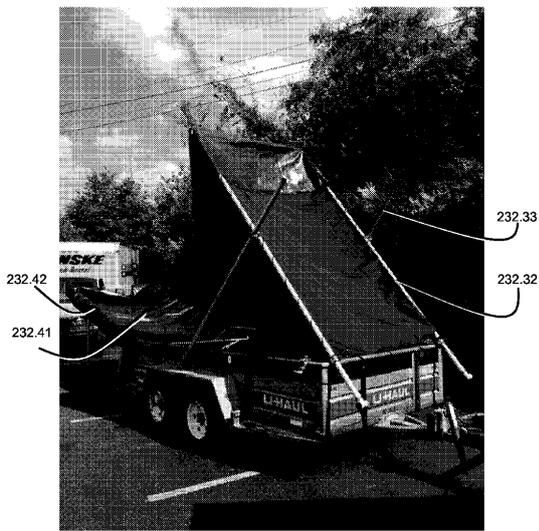


FIG. 2-12C

【 図 3 A 】



泡装置

【 図 3 B 】

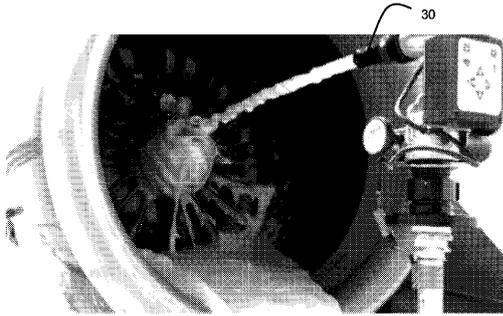


FIG. 3B

【 図 3 D 】

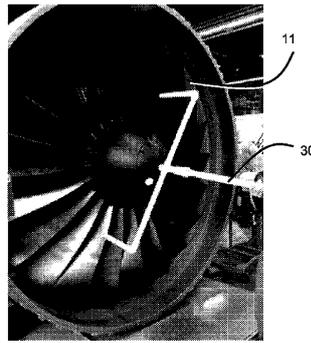


FIG. 3D

【 図 3 C 】

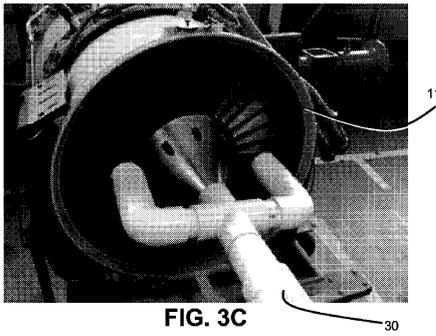


FIG. 3C

【 図 4 】

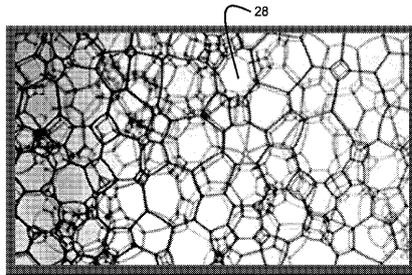
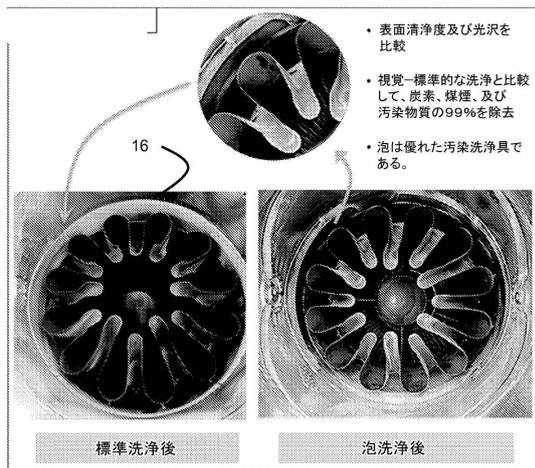
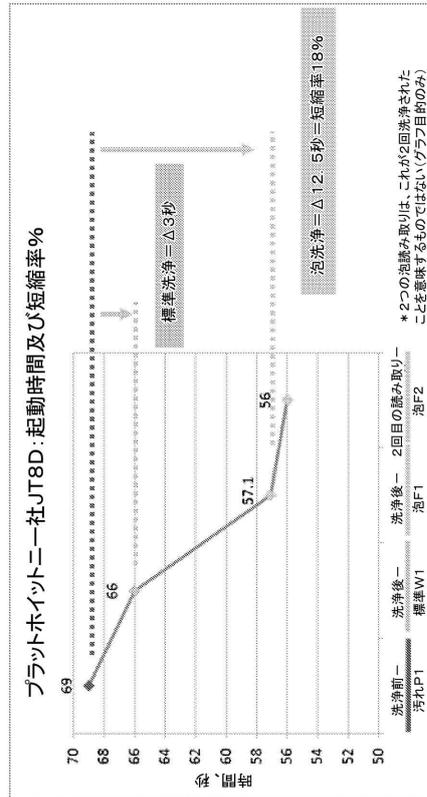


FIG. 4

【 図 6 】



【 図 7 】



【図8】

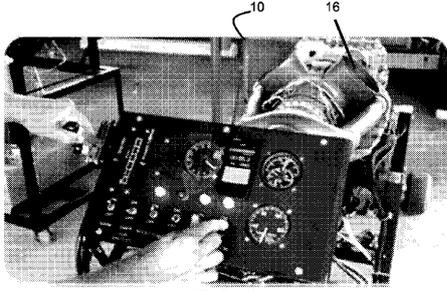


FIG. 8

【図9】

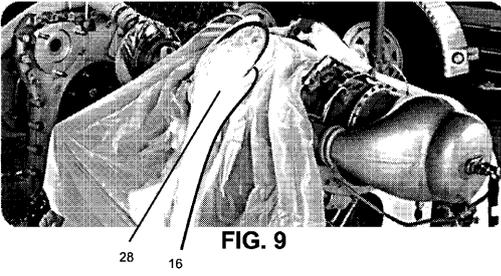
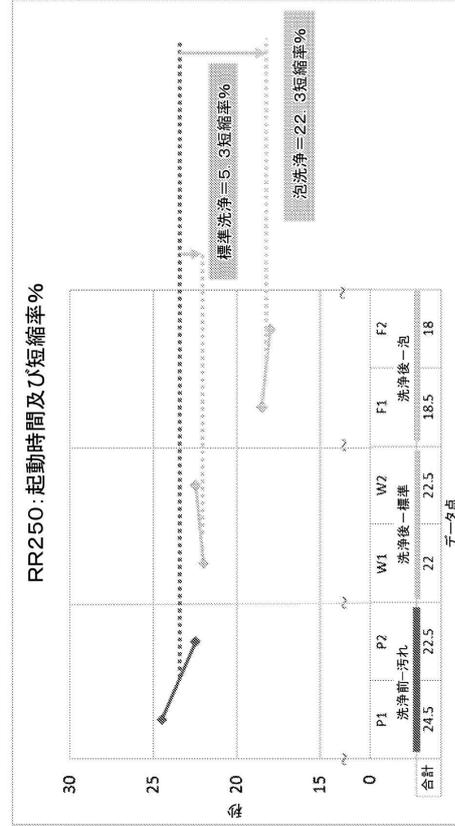
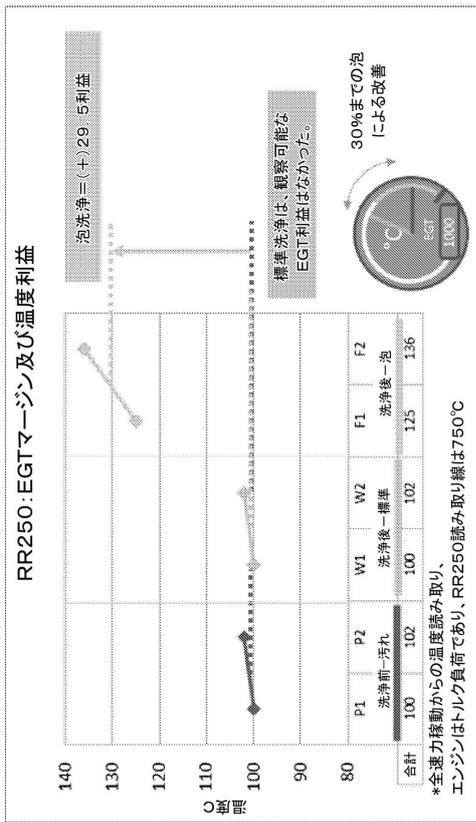


FIG. 9

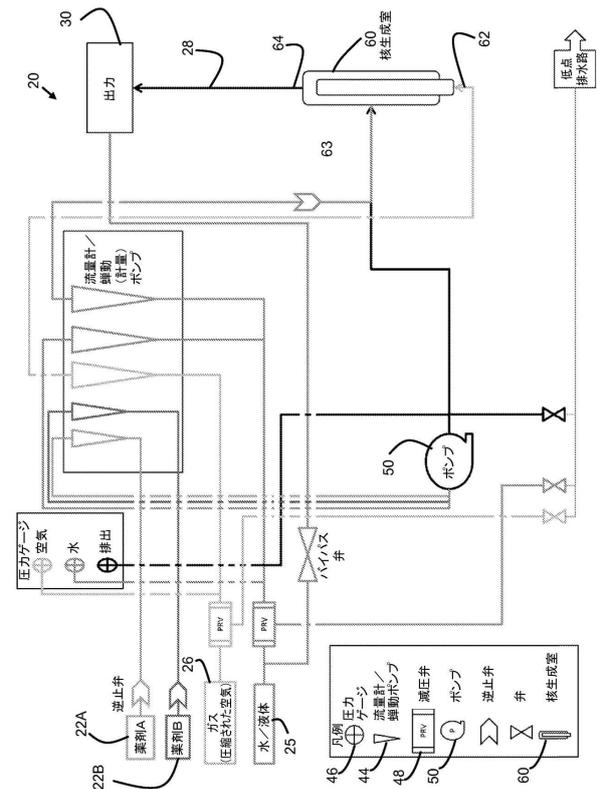
【図10】



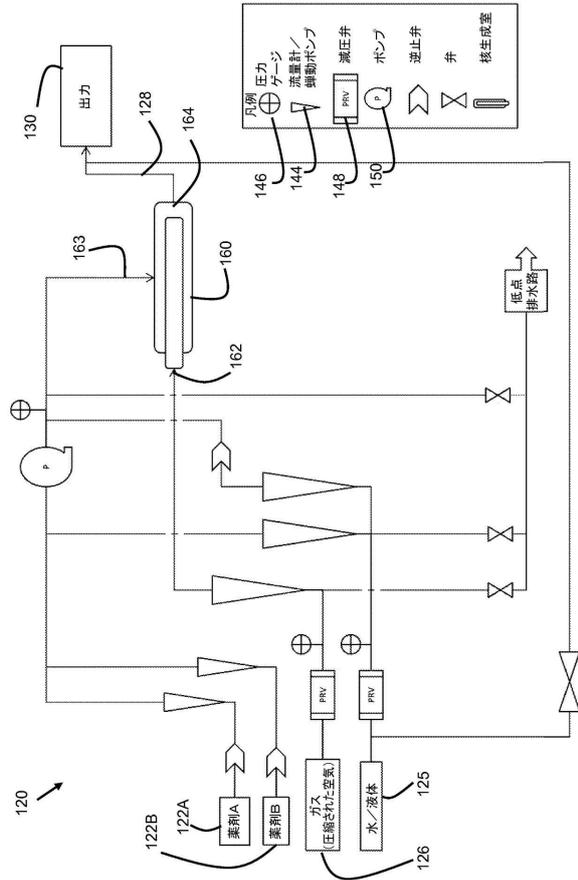
【図11】



【図12A】



【図12B】



【図13A】

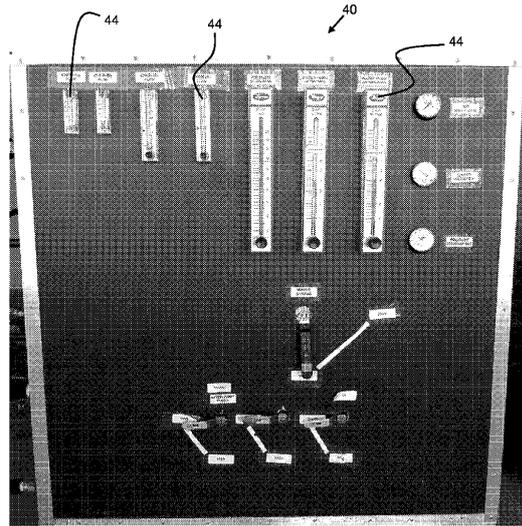
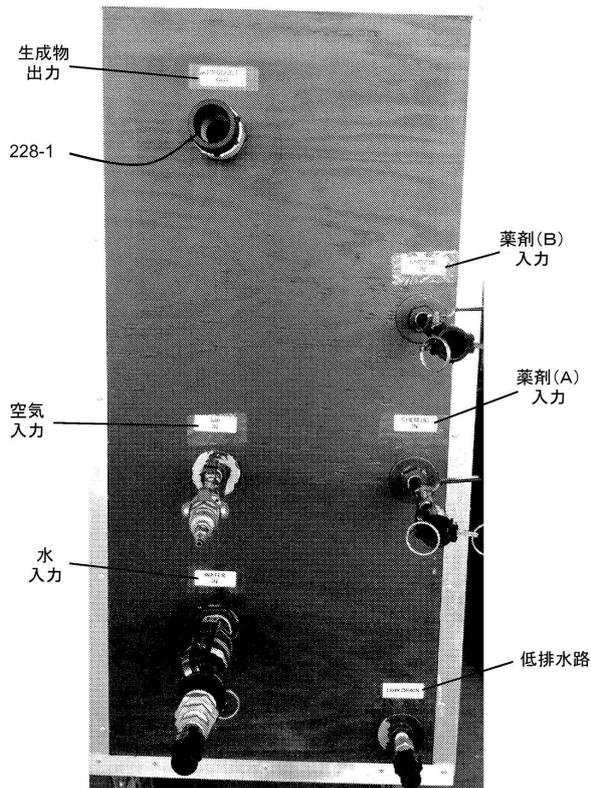
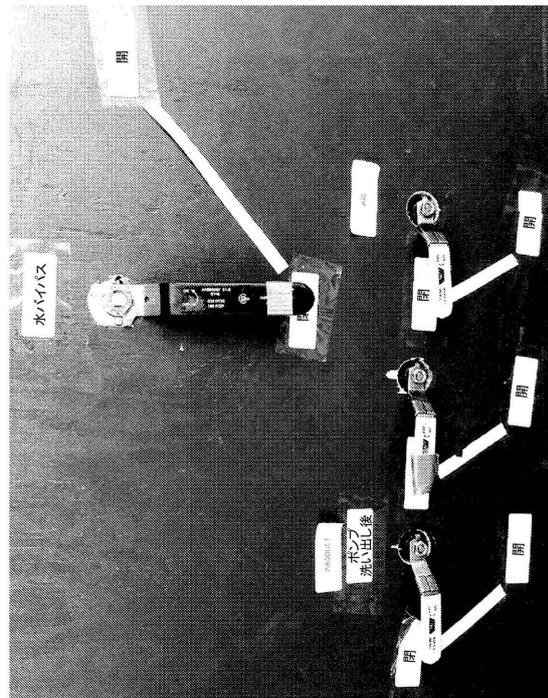


FIG. 13A

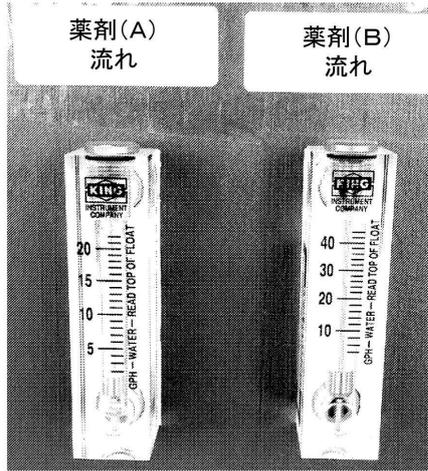
【図13B】



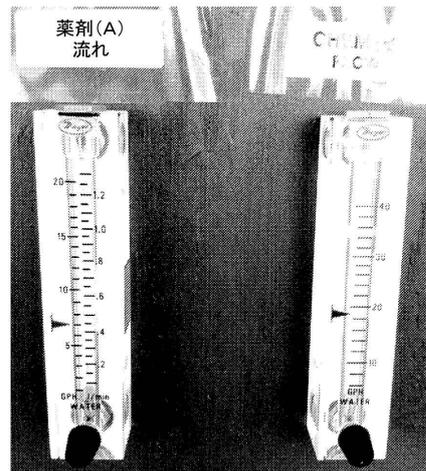
【図13C】



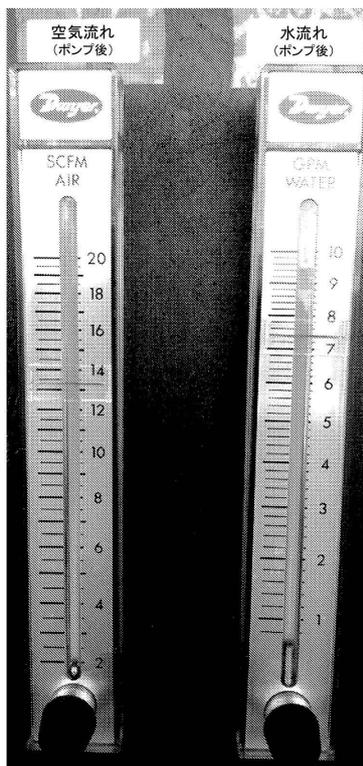
【図14A】



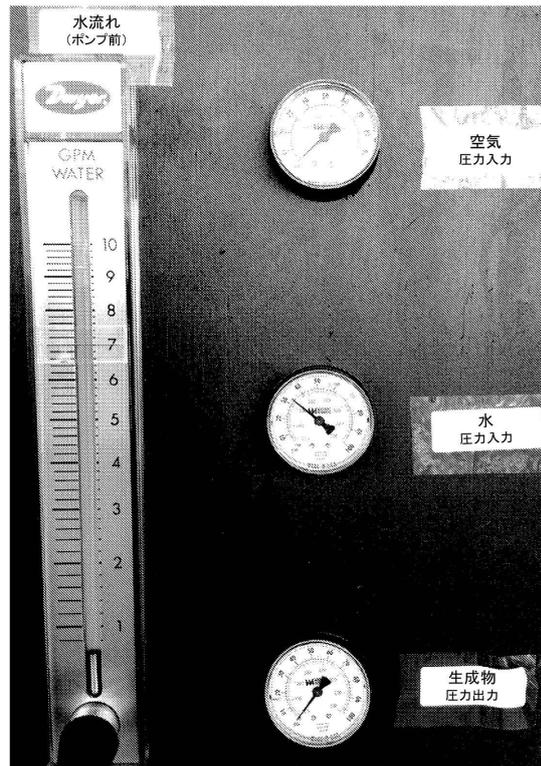
【図14B】



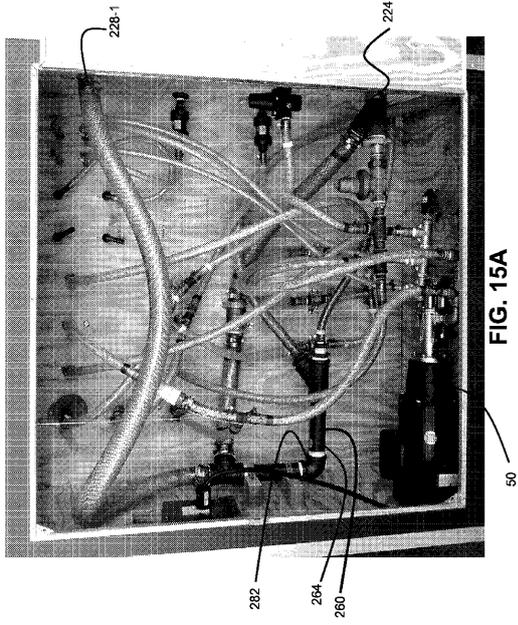
【図14C】



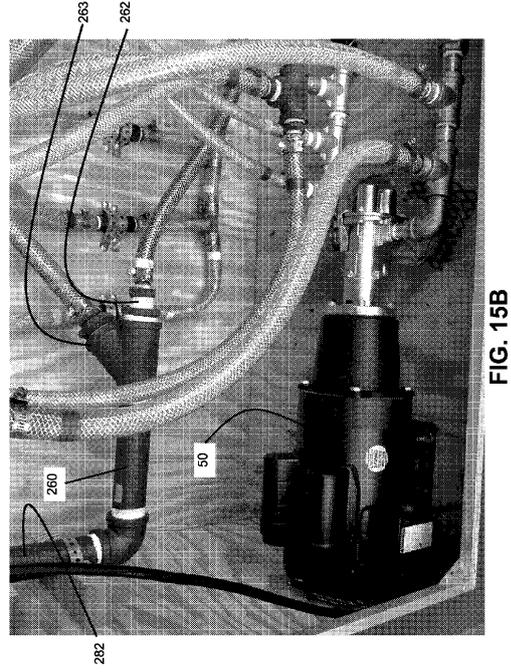
【図14D】



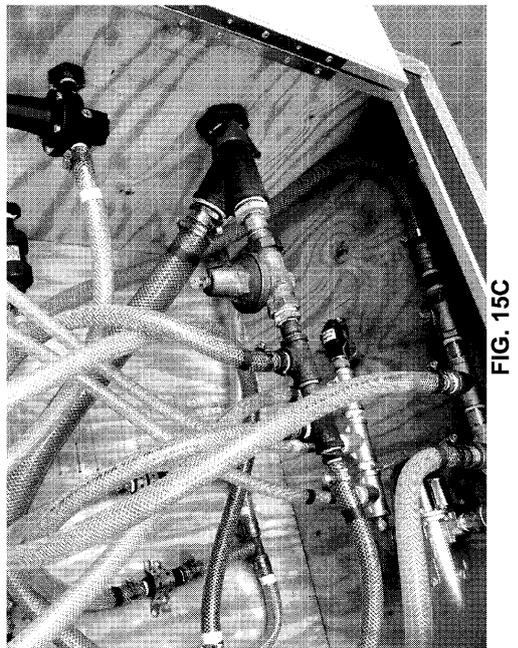
【 15 A 】



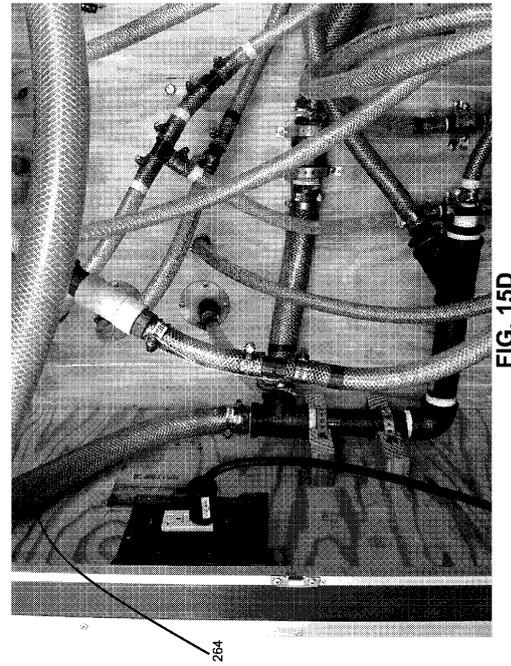
【 15 B 】



【 15 C 】



【 15 D 】



【 16 A 】

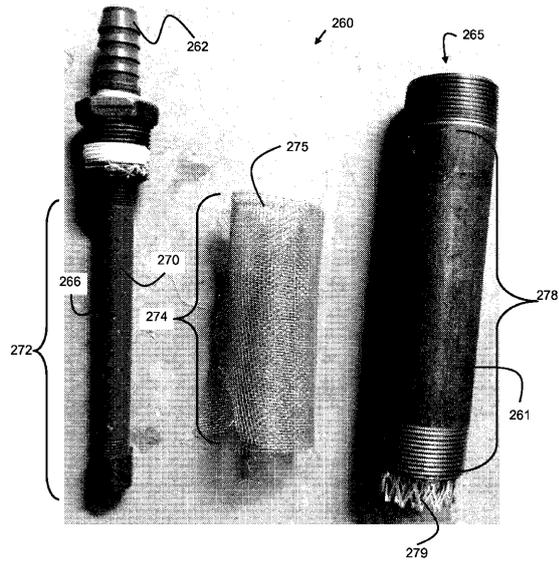


FIG. 16A

【 16 B 】

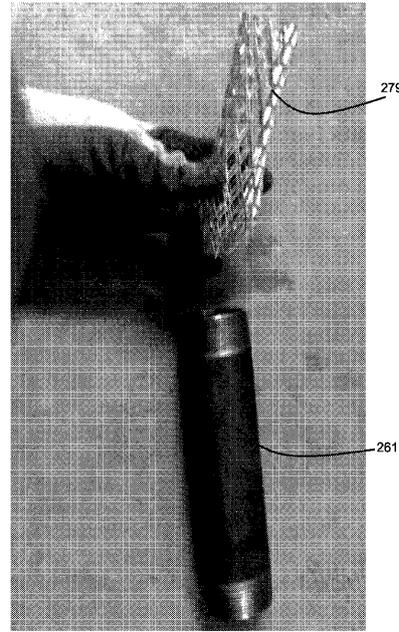


FIG 16B

【 16 C 】



FIG. 16C

【 16 D 】



FIG. 16D

【 16 E 】

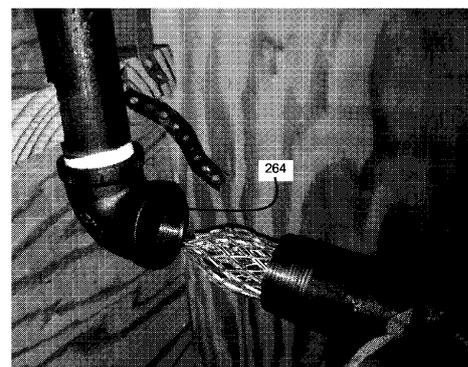


FIG. 16E

【図16F】

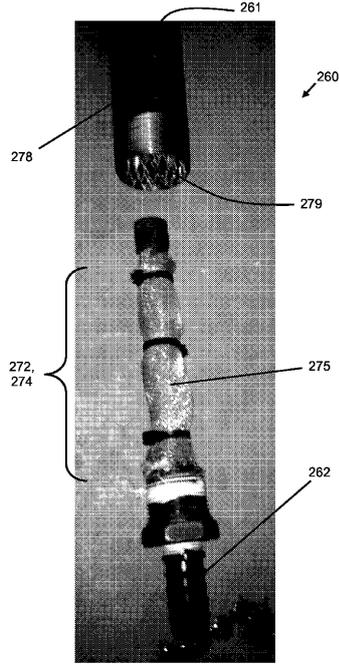
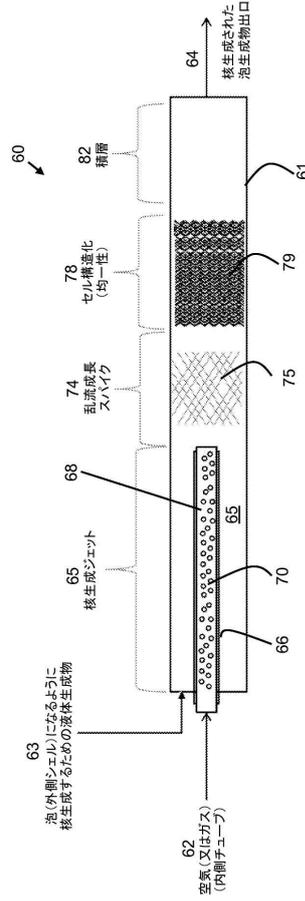
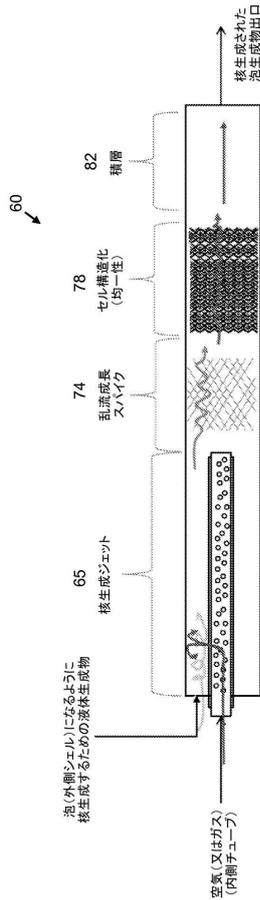


FIG. 16F

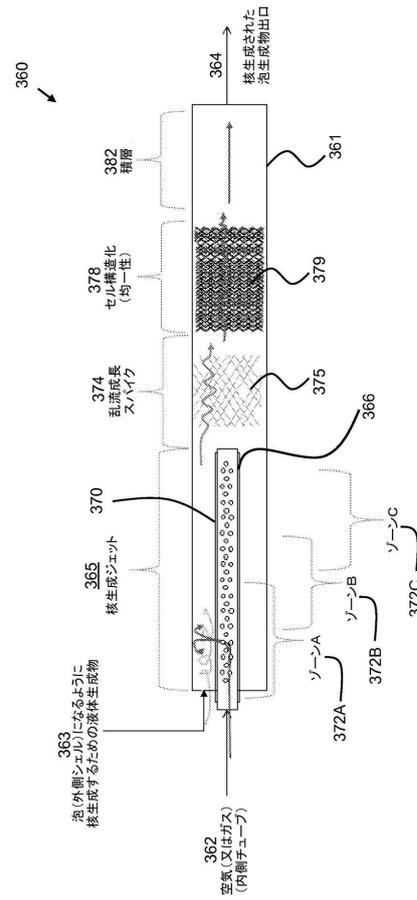
【図18A】



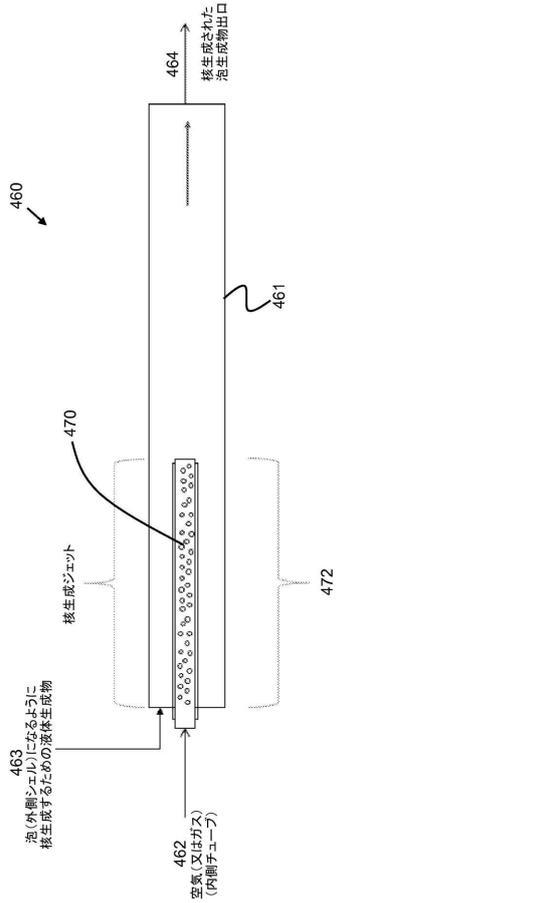
【図18B】



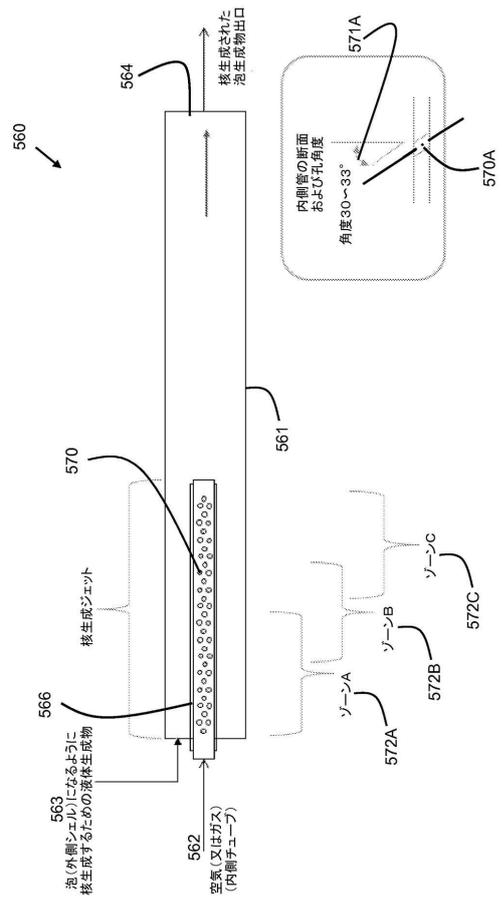
【図18C】



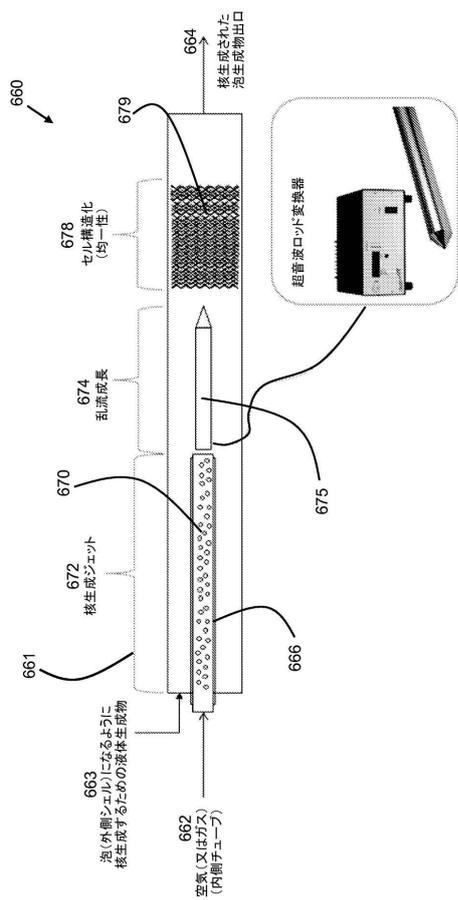
【図18D】



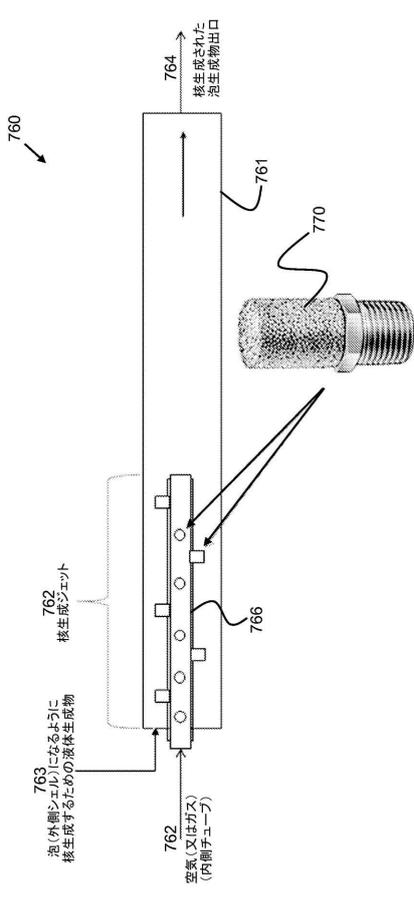
【図18E】



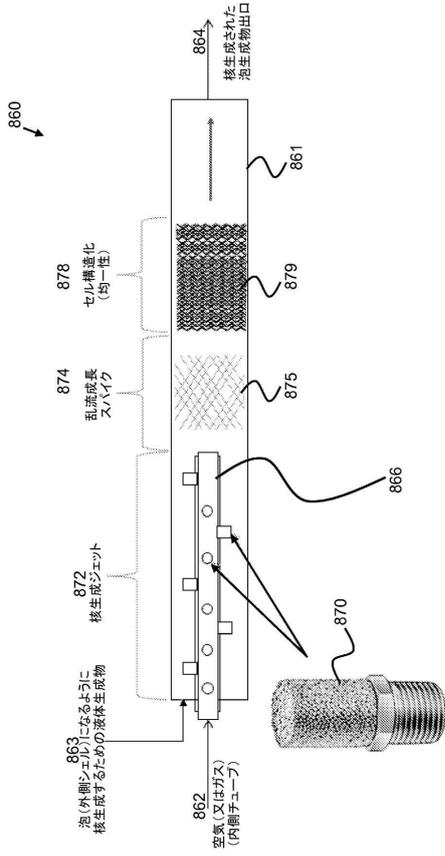
【図18F】



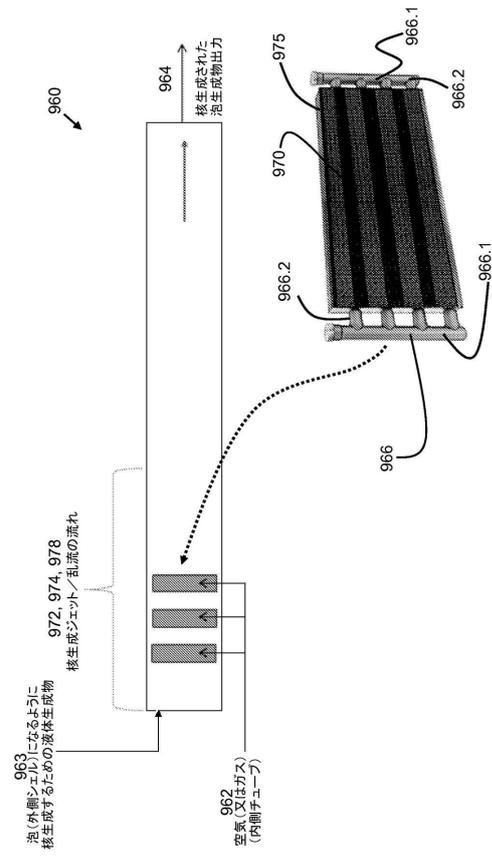
【図18G】



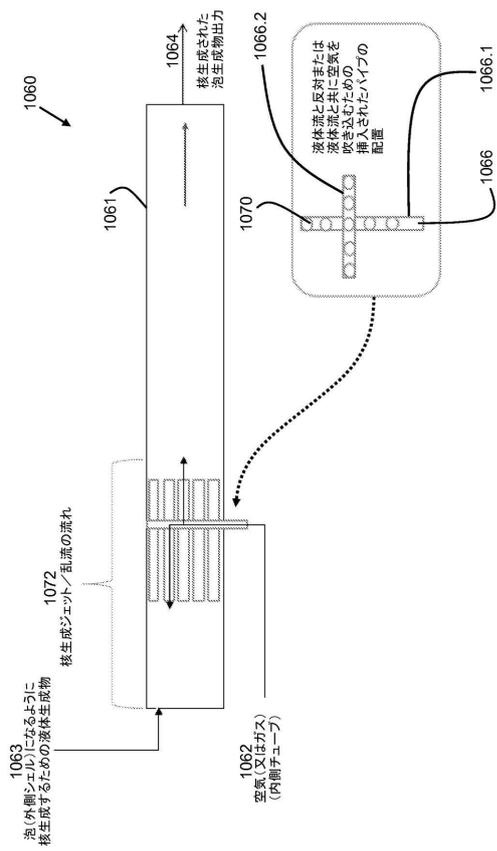
【 図 1 8 H 】



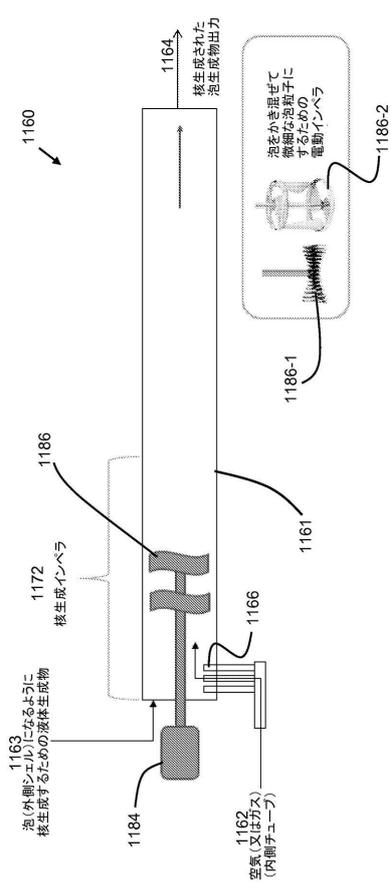
【 図 1 8 I 】



【 図 1 8 J 】

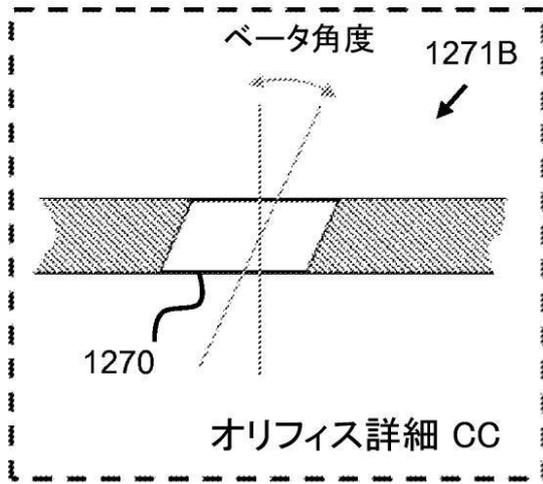


【 図 1 8 K 】



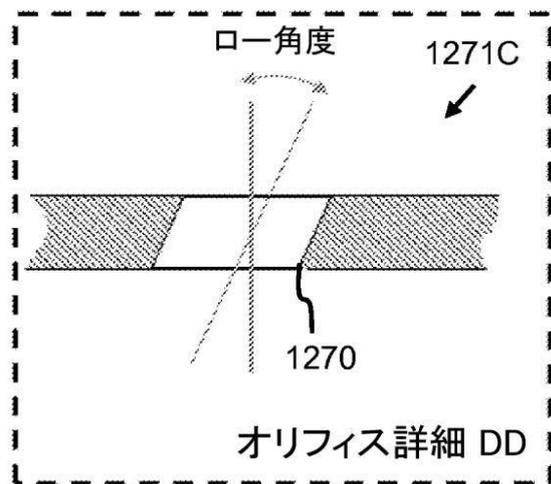
【図18P】

ゾーンごとの可変角度

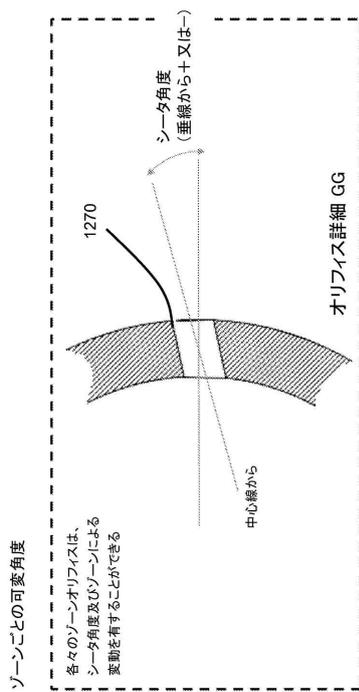


【図18Q】

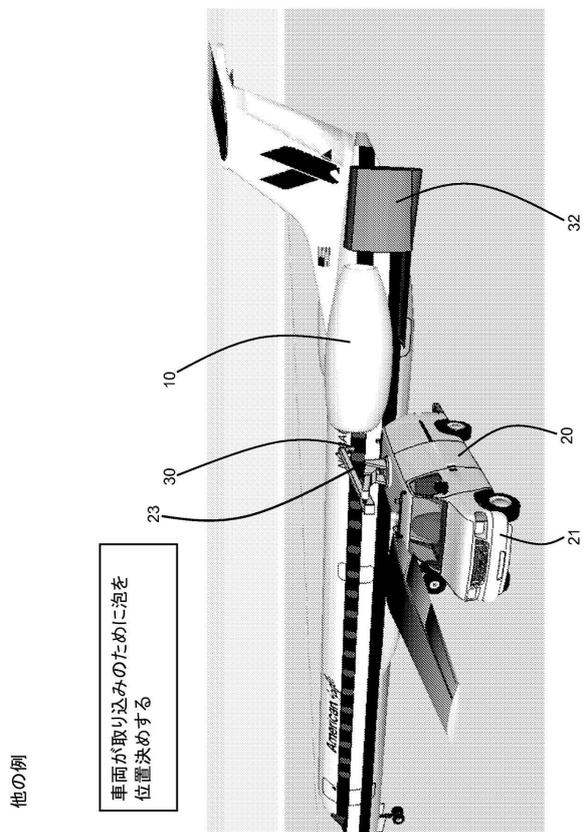
ゾーンごとの可変角度



【図18R】



【図19A】



【 19 B 】

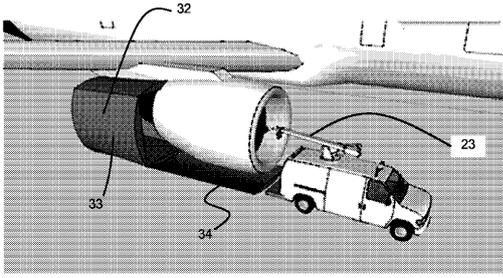


FIG. 19B

【 19 C 】

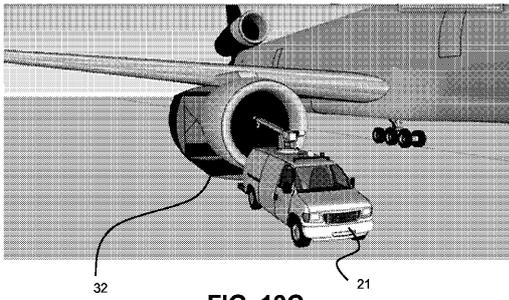


FIG. 19C

【 19 D 】

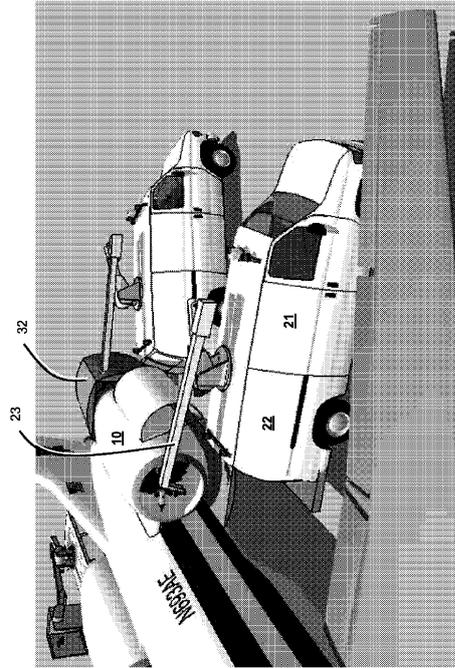


FIG. 19D

【 19 E 】

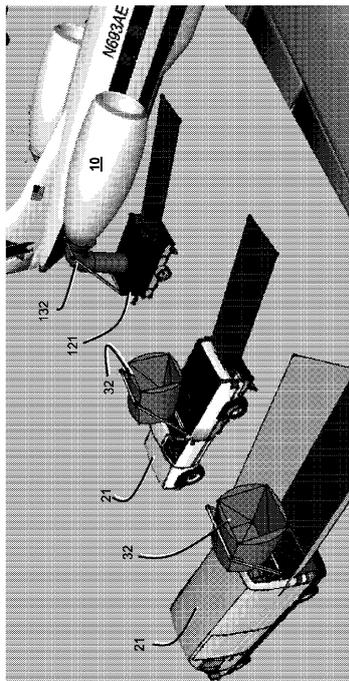


FIG. 19E

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0087175 (US, A1)
実開平05-086732 (JP, U)
特表2011-530193 (JP, A)
特開2012-184767 (JP, A)
特開2004-202316 (JP, A)
米国特許第3212762 (US, A)
独国特許出願公開第102008047493 (DE, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B08B	3/02
F01D	25/00
F02C	3/30
F02C	7/00
F02C	7/05