

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4326335号
(P4326335)

(45) 発行日 平成21年9月2日(2009.9.2)

(24) 登録日 平成21年6月19日(2009.6.19)

(51) Int.Cl.

B01J 3/04 (2006.01)

F I

B O 1 J 3/04 D

B O 1 J 3/04 A

B O 1 J 3/04 G

請求項の数 46 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2003-541617 (P2003-541617)	(73) 特許権者	504171754
(86) (22) 出願日	平成14年11月8日 (2002.11.8)		エアロフォーム グループ ピーエルシー
(65) 公表番号	特表2005-507774 (P2005-507774A)		AEROFORM GROUP PLC
(43) 公表日	平成17年3月24日 (2005.3.24)		イギリス国, ドーセット BH15 4J
(86) 国際出願番号	PCT/GB2002/005064		W, プール, ダウキンズ ロード インダ
(87) 国際公開番号	W02003/039731		ストリアル エステイト (番地なし)
(87) 国際公開日	平成15年5月15日 (2003.5.15)	(74) 代理人	100074099
審査請求日	平成17年11月2日 (2005.11.2)		弁理士 大菅 義之
(31) 優先権主張番号	0126837.4	(72) 発明者	トル, イアン, セシル
(32) 優先日	平成13年11月8日 (2001.11.8)		イギリス国, ドーセット BH12 1E
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		J, プール, ブランクサム, ブランステッ
			ド ロード 12
		審査官	増田 健司
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多区域オートクレーブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長く延びた形状のパネルを成形する方法であって、
前記パネルをその成形用の成形ツールに接触させることによってロードを生成することと、

体積が250立方メートルよりも大きく、ロード空間のアスペクト比が3よりも大きなオートクレーブ内で前記ロードを熱処理することとを備えており、

前記製品の最長寸法が前記オートクレーブの軸に対して一般に平行に向いており、前記パネル及び前記成形ツールが前記オートクレーブの内部空間のより大きい部分に沿って延びており、前記ロードの熱特性が前記ロードに沿った位置で変化し、前記オートクレーブはその長さに沿って配置された複数の気体循環手段を有し、該気体循環手段のそれぞれが、前記ロード上に非軸方向にぶつかるようになされた加熱気体循環であって、前記ロードをその長さに沿って異なる温度で、及び/又は気体循環の異なる速度で加熱するようになされた加熱気体循環、のための区域を生成することにより、前記ロード全体の温度が均一の速度で上昇するようにした方法。

【請求項 2】

前記パネルは硬化可能なカーボン繊維ベースの材料からなる請求項1記載の方法。

【請求項 3】

前記パネルは樹脂補強されたカーボン繊維又は定期旅客機用のその他の複合材料からなり、大きい、前記成形ツールと比べて無視できるほどの厚さであり、

前記パネルは前記成形ツールの上面上にあり、そして、加熱気体が前記ツールの下側にぶつかる請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記パネルは金属製であり、前記熱処理はクリープ成形からなる請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

前記パネルは前記成形ツールの上面上にあり、前記加熱気体は前記パネル及び前記成形ツールへ向けて下方へ向けられている請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

前記パネル及び前記ツールの温度を区域毎に測定することと、前記ツール及び前記パネルの目標温度からの偏りと個々の区域内での偏りとに応答することと、を更に備える請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 7】

前記オートクレーブは 500 立方メートルよりも大きな体積である請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の方法。

【請求項 8】

前記オートクレーブは 750 立方メートルよりも大きな体積である請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

前記オートクレーブは 5 よりも大きなアスペクト比を有している請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 10】

前記オートクレーブは約 7 のアスペクト比を有している請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の方法。

【請求項 11】

前記オートクレーブは前記加熱室に沿って所々に離して配置された複数のインペラー及びそのそれぞれの駆動手段を使用しており、そのそれぞれが前記ロード空間の各区域内での気体の非軸方向への循環のためである請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の方法。

【請求項 12】

前記オートクレーブは、そのシェル内に、前記ロード空間及び前記ロード空間を取り囲む気体循環のための空間を規定するために、前記シェルと少なくとも一部が同じ形状であって、前記シェルから離して配置された壁を有し、各区域は、前記ロード空間から前記取り囲む空間への気体の流れのための、前記壁を通過する少なくとも第 1 の開口と、前記取り囲む空間から前記ロード空間への気体の戻りのための、前記壁を通過する少なくとも第 2 の開口とを有する請求項 11 記載の方法。

30

【請求項 13】

前記区域内に一般に環状の気体循環を生じさせるために、各区域は、前記ロード空間から前記取り囲む空間への気体の流れのための、前記壁を通過する第 1 の開口と、前記取り囲む空間から前記ロード空間への気体の戻りのための、前記壁を通過する第 2 の開口とを有する請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】

1 又はそれ以上の区域における前記インペラー及び前記駆動手段は、個々の区域内の気体に摩擦熱を調整可能に与えるために使用される請求項 11 乃至 13 のいずれかに記載の方法。

40

【請求項 15】

前記ロード空間内の熱電対毎の入力を有する温度制御手段が、前記熱電対からの前記入力に従って、前記区域内に与えられる摩擦熱を調整するために使用される請求項 14 記載の方法。

【請求項 16】

前記温度制御手段は、前記ロードと関連する熱電対毎の入力を有し、該ロード熱電対からの入力に従って、前記区域内に個々に与えられる摩擦熱を調整するために使用される請

50

求項 1 5 記載の方法。

【請求項 1 7】

前記パネルは大きな航空機翼パネルである請求項 1 乃至 1 6 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 8】

ロードを熱処理するためのオートクレーブであって、
加圧可能な加熱室を規定するシェルと、
該シェル内においてロード空間を規定する手段と、
前記加熱室を閉じ、かつ前記ロード空間へのロードの導入と前記ロード空間からのロードの放出を許可するための少なくとも 1 つのドアと、
前記ロード空間内で気体を加熱するための加熱手段と、
それぞれが前記ロード空間の各区域内における非軸方向の気体循環のために、前記加熱室に沿って所々に離れて配置された複数のインペラー及びそれぞれの駆動手段と、
個々の区域内の気体に摩擦熱を調整可能に与えるよう、1 又はそれ以上の区域における前記駆動手段を制御するための制御手段と、
を備えたオートクレーブ。

10

【請求項 1 9】

前記制御手段は温度制御手段を含み、該温度制御手段は、前記ロード空間内の熱電対毎の入力を有し、前記熱電対からの前記入力に従って、前記区域内に与えられる摩擦熱を調整するように配置されている請求項 1 8 記載のオートクレーブ。

【請求項 2 0】

前記温度制御手段は、前記ロードと関連する熱電対毎の入力を有し、該ロード熱電対からの入力に従って、前記区域内に個々に与えられる摩擦熱を調整するように配置されている請求項 1 9 記載のオートクレーブ。

20

【請求項 2 1】

前記区域内を循環する気体を冷却するための冷却手段を更に備えている請求項 1 8 乃至 2 0 のいずれかに記載のオートクレーブ。

【請求項 2 2】

前記シェル内に、前記ロード空間及び前記ロード空間を取り囲む気体循環のための空間を規定するために、前記シェルと少なくとも一部が同じ形状であって、前記シェルから離して配置された壁を更に備え、各区域は、前記ロード空間から前記取り囲む空間への気体の流れのための、前記壁を通過する少なくとも第 1 の開口と、前記取り囲む空間から前記ロード空間への気体の戻りのための、前記壁を通過する少なくとも第 2 の開口とを有する請求項 1 8 乃至 2 1 のいずれかに記載のオートクレーブ。

30

【請求項 2 3】

前記区域内に一般に環状の気体循環を生じさせるために、各区域は、前記ロード空間から前記取り囲む空間への気体の流れのための、前記壁を通過する第 1 の開口と、前記取り囲む空間から前記ロード空間への気体の戻りのための、前記壁を通過する第 2 の開口とを有する請求項 2 2 記載のオートクレーブ。

【請求項 2 4】

各区域は、前記ロード空間から前記取り囲む空間への気体の流れのための、前記壁を通過する第 1 及び第 3 の開口と、前記取り囲む空間から前記ロード空間への気体の戻りのための、前記壁を通過する第 2 及び第 4 の開口とを有し、前記第 1 及び第 3 の開口と前記第 2 及び第 4 の開口は対向しており、前記区域内に一般にテトラローバルの気体循環を生じさせるために、前記第 1 及び第 3 の開口を通過するラインが前記第 2 及び第 4 の開口を通過するラインに対して一般に直角に向いている請求項 2 2 記載のオートクレーブ。

40

【請求項 2 5】

各区域は、前記ロード空間から気体を受け入れるための前記第 1 の開口に接続された入口を有する第 1 のインペラーと、第 3 の開口が存在する場合は前記ロード空間から気体を受け入れるための前記第 3 の開口に接続された入口を有する第 2 のインペラーとを有し、前記インペラー又は各インペラーは、前記シェルの互いに対向する側に沿って前記第 2 の

50

開口へ向けて前記気体を循環させるために、前記気体循環空間へと開放し前記シェルを一般に横切る方向に向いた、互いに対面する第 1 及び第 2 の出口を有している請求項 2 2、2 3、又は 2 4 記載のオートクレーブ。

【請求項 2 6】

前記インペラー又は各インペラーは遠心ファンを備えている請求項 1 8 乃至 2 5 のいずれかに記載のオートクレーブ。

【請求項 2 7】

前記加熱手段は、各区域毎に、該区域内を循環する気体を独立に加熱するためのヒータを備えている請求項 1 8 乃至 2 6 のいずれかに記載のオートクレーブ。

【請求項 2 8】

前記加熱手段はガス燃焼式である請求項 2 7 記載のオートクレーブ。

【請求項 2 9】

前記加熱手段は電気式である請求項 2 7 記載のオートクレーブ。

【請求項 3 0】

前記加熱手段は複数の区域に共通のヒータを備えている請求項 1 8 乃至 2 7 のいずれかに記載のオートクレーブ。

【請求項 3 1】

前記加熱手段は少なくとも 1 つの放射チューブヒータを備えている請求項 3 0 記載のオートクレーブ。

【請求項 3 2】

前記ヒータはガス燃焼式である請求項 3 1 記載のオートクレーブ。

【請求項 3 3】

少なくとも 1 つの区域内に時間で変化するパターンで差別的状態を生成するようになされた制御手段を更に備えている請求項 1 8 乃至 3 2 のいずれかに記載のオートクレーブ。

【請求項 3 4】

前記ロードの近くの気体の速度を変化させるために、前記ロード空間内に少なくとも 1 つの気体偏向手段を更に備えている請求項 1 8 乃至 3 3 のいずれかに記載のオートクレーブ。

【請求項 3 5】

前記シェルの外部から前記気体偏向手段の位置を調整するために、前記気体偏向手段に結合されたアクチュエータ手段を更に備えている請求項 3 4 記載のオートクレーブ。

【請求項 3 6】

3 よりも大きなアスペクト比を有している請求項 1 8 乃至 3 5 のいずれかに記載のオートクレーブ。

【請求項 3 7】

前記ロード空間は 2 5 0 立方メートルよりも大きな体積を有している請求項 1 8 乃至 3 6 のいずれかに記載のオートクレーブ。

【請求項 3 8】

前記ロードは長く延びた製品からなり、その最長寸法が前記オートクレーブの軸に対して一般に平行に向いており、前記熱処理は所定のパターンに従って前記製品を加熱する処理である請求項 1 8 乃至 3 7 のいずれかに記載のオートクレーブ。

【請求項 3 9】

前記製品はその長さに沿って温度が均一に上昇するように加熱される請求項 3 8 記載のオートクレーブ。

【請求項 4 0】

前記製品は、その長手方向及び該長手方向に直交する方向の両方に湾曲している請求項 3 8 又は 3 9 に記載のオートクレーブ。

【請求項 4 1】

前記製品はツールに接触したワークピースから構成され、該ワークピースは前記ツールとの接触によって熱処理され、かつ成形される請求項 3 8 乃至 4 0 のいずれかに記載のオ

10

20

30

40

50

ートクレープ。

【請求項 4 2】

前記区域内の前記気体循環は、前記オートクレープの軸を横切る方向に向いた各区域内のバイロバル循環の平面でバイロバルであり、該バイロバル循環の中央領域での気体の少なくとも一部が前記ツールを通過する請求項 4 1 記載のオートクレープ。

【請求項 4 3】

前記ツールは、循環経路の周辺部分に沿って移動する気体が該気体が前記オートクレープを横切って移動する循環経路の中央部分に入る位置に面する気体受け入れ開口を有している請求項 4 2 記載のオートクレープ。

【請求項 4 4】

前記ワークピースはシート又はパネルである請求項 4 1 乃至 4 3 のいずれかに記載のオートクレープ。

【請求項 4 5】

前記ワークピースは硬化可能な複合材料からなる請求項 4 4 記載のオートクレープ。

【請求項 4 6】

前記ワークピースは金属からなり、前記熱処理はクリープ成形からなる請求項 4 4 記載のオートクレープ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、長く延びた形状のパネルの熱処理へのオートクレープの利用に関する。

【背景技術】

【0002】

EP-B-0176508 にはガス燃焼型オートクレープのための設計が開示されており、このオートクレープは、例えば、繊維/樹脂の混合物から製品を製造したり、ガラス産業、自動車産業及び航空宇宙産業においてワークピースを熱処理したりするのに有用であり、今日では、一般には 450°C までの使用温度と 68 Bar までの使用圧力を有している。複合材を硬化させたり、ガラス製品に熱処理を加えるのに使用されるオートクレープは、一般には、長さ 3 - 4 メートル、直径 1 - 3 メートル、体積 10 - 20 m³ を有している。自動車産業で使用するための、例えばレーシングカーのシャシーに熱処理を加えるためのオートクレープは、一般には、直径約 2.75 メートル、長さ約 4.5 メートル、容積約 25 m³ を有している。航空宇宙部品の熱処理に使用するためのオートクレープは、一般には、直径約 4.25 メートル、長さ約 12 メートル、体積約 170 m³ を有している。

【0003】

図 1 に示されるように、従来の典型的なオートクレープは、長さ約 3.7 メートル (12 フィート)、直径約 1.5 メートル (5 フィート) を有する圧力容器をベースとしており、この容器は、本体 10 及びローディングドア (loading door) 12 を有している。真空ライン 14 が、型押しされるワークピースを有するフレキシブルな隔壁によって覆われた型押しツール (不図示) の押し型側に結合するために設けられており、上記型押しされるワークピースは上記ツールと上記隔壁の間に位置している。上記ツールは、バルブ 18 を介して真空に接続可能であり、また、バルブ 20 を介して空気に接続可能である。バルブ 22 は、空気を圧力ライン 16 を介して圧力容器の内部へ入れるために操作可能である。加熱は、圧力容器の長さに沿って上下に走る、露出された放射チューブ 24 によってなされる。各チューブへの入口にはガス燃焼ヒータ 34 が設けられ、各チューブの放出口にはインペラー (impeller) 36 が設けられており、このインペラーにより、負圧が放出端へ向けて生成されて、煙道ガス (flue gas) の流れがチューブを介して維持される。タンクの端壁に取り付けられたモータ 38 が半径流インペラー 40 を駆動して、圧力容器内に気体の再循環流を生成する。タンク壁 10 を通過した、気体温度に応答する熱電対 42 が、制御ユニット 44 に接続されており、この制御ユニットが各種ヒータに動作的に接続されることで、これらヒータをオン・オフさせ、オートクレープ内の気体雰囲気を目標値の

10

20

30

40

50

± 1 ° 以内に維持する。各種速度のインペラーを使用することで、同一のチューブを加熱用に使用したり、動作サイクルの冷却工程中に室温に戻すのに使用したりすることを可能にすることが、EP-A-0333389に開示されている。他の設計によるオートクレーブは、電気加熱、蒸気加熱、オイル加熱、高温空気加熱、又はガス放射加熱であってもよいが、今日まで、それらは端壁のインペラーに依存することで、図 1 中に矢印で示されるような再循環気体の一般に軸方向の単一パターンを生成させるものであった。

【 0 0 0 4 】

CH-A-227794 (Schweizerische Lokomotiv- & Maschinenfabrik) には、ロードの高温空気処理又は飽和蒸気処理のためのオートクレーブが開示されており、このロードは図示の実施形態では明らかに鉄道貨物貨車で運搬されるものである。このオートクレーブは、ロード空間に沿って配置された複数のインペラーを備えており、そのそれぞれが、ロード空間の周囲であってロード空間を横切るように加熱気体の一般にバイローバル (bilobar; 2 つのローブ) の環状循環を生成している。

【 0 0 0 5 】

US6240333 (Lockheed-Martin) は、オートクレーブにおける複合材部品の製造に関するものである。Lockheed-Martin が説明するところによると、F22 Raptor は、プライ (ply) と呼ばれるフレキシブルな黒鉛繊維で形成された複合材料でその多くができた航空機の一例であり、上記プライは、加熱すると硬化するエポキシ樹脂又は B M I 樹脂が含浸されている。硬化していないプライがツール上に配置され、各ツールが Raptor の複合材部分に相当している。従って、黒鉛樹脂混合物がツール上を覆って硬化すると、複合材部分が正しい形状に成形される。Lockheed-Martin が説明を続けるところによると、複合材部品の成形するのに多くの製造技術を利用可能である。再度、Raptor を例として用いれば、プライが一度ツールを覆って配置されると、樹脂の硬化中にプライをツールに固定しておくのに真空バッグ (vacuum bag) が使用される。この真空バッグは、材料をツールに強く押しつけて、気泡やその他の欠陥が形成されるのを防止する。その後、ツールはオートクレーブ内に配置されることで、計画に従って加熱され、付着される。これは、欠陥部品の生成を避けるために必須であるかもしれない。

【 0 0 0 6 】

Lockheed-Martin は、更に次のように説明する。オートクレーブの操作者は、オートクレーブの加熱室内にツールを注意深く配置して、加熱速度の規格を確実に満足するようにしなければならない。ここで、典型的なオートクレーブは長さが 15 メートル (50 フィート) であるが、それでもまだ、加熱室の一端に配置された大型ファンで空気を吹きつけることにより加熱される。この加熱方法によって製造プロセス中に導かれる多くの困難性が確認されており、とりわけ、オートクレーブの操作者が加熱速度をより低いレベルに調整することで一部分の過熱を避けようとした場合に、オートクレーブが他部分を硬化するのにより多くの時間が必要となり、製造工程全体に要求される時間が増加するという問題や、部品が不正確に配置された場合に、オートクレーブの操作者が幾つかのツールにおける加熱速度の規格を破ることで、それらのツールの部品を無駄にして、他のツールの有用な部品を得る必要があるかもしれないという問題が確認されている。Lockheed-Martin によって提案された解決策は、オートクレーブ内に導入されるべきロード (load) 内にワークピースを適切に配置するためのロード配置ソフトウェア (load distribution software) を設けることである。このソフトウェアは、(a) 選択された特定のツール、(b) 該ツールの熱性能 (thermal performance)、及び (c) オートクレーブの熱特性 (thermal characteristics) に依存しつつ、オートクレーブの加熱容器内に、選択されたツールの最良のレイアウトを決定するレイアウトエンジンを含んでおり、このレイアウトエンジンはグラフィカルユーザインタフェース上に結果としてのパターンを生成する。このレイアウトパターンは、以下のものに依存して決定される。

【 0 0 0 7 】

- ・ データベースに格納された、ツールの熱応答。
- ・ オートクレーブの加熱における半径方向及び軸方向の相違であって、高加熱の領域

10

20

30

40

50

内に配置された低速応答ツールと、低加熱の領域内に配置された高速応答ツール。

【 0 0 0 8 】

- ・ロード周辺の均一な空気流。
- ・指示されたパターンでローディングすることの実行可能性。

しかし、Lockheed-Martin は、どのようにしてレイアウトエンジンを作成すべきなのか、どのような計算をレイアウトエンジンが実行すべきなのか（特に空気流の均一性に関して）について、何ら詳細な説明を行っていない。

【発明の開示】

【 0 0 0 9 】

本発明は、質量、形状、及びその長さに沿った断面が異なるロードを扱う立場となるためには、かつ、ロード全体が意図した熱処理を受けうる機会を改善するためには、オートクレーブがたまたま有するどんな特性をも受け入れるためというよりはむしろロードの特性を考慮するためにオートクレーブの特性を変更したり、ロードの特性を変更したりすることが、本質的に一層良い、という前提に基づいている。

【 0 0 1 0 】

長く延びた形状のパネルを含む複雑なロードがオートクレーブ内で熱処理される時に生じる１つの問題は、オートクレーブに沿った異なる位置では、ロードの相対位置や断面にも相違があるかかもしれず、この相違が、軸方向への気体循環を有するオートクレーブにおいては循環気体の速度を変化させ、よってロードへの伝熱速度を変化させてしまう、ということである。

【 0 0 1 1 】

その問題は、オートクレーブ内で前述のようにロードを熱処理する方法によって解決される。この方法は、ロード空間内の加熱された気体を、その長さに沿って配置された複数の気体循環手段によって循環させることと、その各々が上記の加熱された気体を、ロード空間の一般に非軸方向に循環させ、及び／又は、ロード上に非軸方向にぶつけることとを含んでいる。

【 0 0 1 2 】

複雑なロードがオートクレーブ内で熱処理される時に生じる他の問題は、オートクレーブに沿った異なる位置でロードの熱特性に相違が存在するということであり、この問題は、軸方向の気体循環を有するオートクレーブでは、位置毎の伝熱速度における既知又は予測される相違を考慮してロードの配置を調整することのみによって解消することは困難であるかもしれない。

【 0 0 1 3 】

その問題は、本発明によれば、熱特性がロードに沿った位置で変化するようなロードを熱処理する方法によって解決される。この方法は、その長さに沿って配置された複数の気体循環手段を有するオートクレーブ内でロードを加熱することと、そのそれぞれが加熱気体の循環のための区域を生成することとを備え、上記区域内での気体循環が独立して制御可能である。この方法では、様々な形状及び質量のロードが、その長さに沿って異なる温度で、又は気体循環の異なる速度で加熱されることを可能とすることで、その質量全体の温度を均一な速度で上昇させるようにしている。

【 0 0 1 4 】

従って、本発明は、長く延びた形状のパネルを成形する方法を提供するものであって、この方法は、

前記パネルをその成形用の成形ツールに接触させることによってロードを生成することと、

体積が 2 5 0 立方メートルよりも大きく、ロード空間のアスペクト比が 3 よりも大きなオートクレーブ内で前記ロードを熱処理することとを備えており、

前記製品の最長寸法が前記オートクレーブの軸に対して一般に平行に向いており、前記パネル及び前記成形ツールが前記オートクレーブの内部空間のより大きい部分に沿って延びており、前記ロードの熱特性が前記ロードに沿った位置で変化し、前記オートクレーブ

10

20

30

40

50

はその長さに沿って配置された複数の気体循環手段を有し、該気体循環手段のそれぞれが、前記ロード上に非軸方向にぶつかるようになされ、かつ、前記ロードをその長さに沿って異なる温度で、及び/又は気体循環の異なる速度で加熱するようになされる加熱気体循環のための区域を生成することにより、前記ロード全体の温度が均一の速度で上昇するようにした方法である。

【0015】

＜好ましい構成についての記載＞

上記のオートクレーブは、その長さ方向に一連の処理区域に分割され、好ましくは、各区域内における加熱気体とロードとの間の伝熱速度を制御するための手段がインペラーを備えている。このインペラーは二重の機能を提供可能であるということがわかっている。すなわち、第1には、循環気体の速度を調整することで、ロードへの伝熱係数を調整する機能であり、第2には、所望の速度又は質量流で、特に、オートクレーブ内で見いだされる典型的な使用圧力5 - 25 barで気体循環を生成するのに実際に要求されるハイパワー入力のために、加熱気体のための熱源として作用する機能であり、好ましくは、各処理区域のインペラーによって加熱気体中に生成された摩擦熱を独立に調整するための手段が設けられる。オートクレーブ内に気体温度及びロード温度を測定する1つ以上の熱電対を設け、測定温度と必要温度との差を用いてインペラー速度を調整するための差信号を生成することで、インペラーの生成する摩擦熱量が細かな温度制御を提供し、オートクレーブのプロセスサイクルのロード加熱期間中にロード温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の達成を可能にできる、ということが実際にわかっている。各区域内での加熱気体とロードとの間の伝熱速度を制御するための手段は、好ましくは、当該区域内を循環する気体を冷却するための冷却手段も備えている。オートクレーブの長さに沿った区域での、及び任意ではあるが単一の区域内の異なる領域での気体流の速度を調整できるということは、処理サイクルの冷却期間中に、ロードに沿った異なる領域の周辺における気体流経路の相違を参酌する上で、また、ロードに沿った異なる領域でのツール及びワークピースの熱容量の相違を参酌する上でも、特別な価値がある。区域毎又は区域群内の主な熱、各区域内の質量流速、各区域内での摩擦熱の発生、各区域内の冷却を、独立して調整するよう準備することは、高度の安定性を達成できるようにする。

【0016】

循環気体を加熱することに関して、電気は1つの可能な熱源であり、この場合、各区域内を循環する気体を加熱するための独立したヒータを設けるのが便利である。例えば放射チューブを使用する、ガス、蒸気、又はオイル加熱の場合は、加熱手段が、区域群に共通の少なくとも第1のヒータを備えていてもよく、典型的には、第1及び第2の区域群のための少なくとも第1及び第2のヒータを備えていてもよい。制御手段は、時間で変化するパターンにおいて少なくとも1つの区域に異なる状態を生成するようにしてもよい。

【0017】

気体循環のパターンは非軸方向であり、一般に1よりも大きなアスペクト比を有するロード空間の軸又は縦方向を横切る方向である。好ましくは、各区域内に、気体の周辺バイローバル(bilobar; 2つのローブの)循環を生じさせるための手段が設けられており、この周辺バイローバル循環の面が上記の縦方向又は軸に対して一般に直角となっている。そのような循環パターンを達成するために、オートクレーブは、互いに対面配置され、その部屋の周辺に沿った気体の流れのための部屋空間の側壁を規定する内壁部分と、上記流れ空間への気体の導入のための、上記内壁部分間に規定される第1の開口と、上記流れ空間を出て上記部屋を介して上記第1の開口に向かって流れる気体のための、上記第1の開口とは対向する内壁部分間に規定される第2の開口とを更に備えていてもよい。ロード上を移動する加熱気体の質量流を増加させて、伝熱係数を増加させるために、ロード上方の気体の体積を減少させて気体の速度を上昇させるための手段を設けることが好ましい。そのためには、オートクレーブ内に、ロード近くの気体の速度を変化させるための少なくとも1つの気体偏向手段を設けるのが好ましく、また、部屋の外部から上記気体偏向手段の位置を調整するためのアクチュエータ手段を上記気体偏向手段に結合するのが好ましい。

【 0 0 1 8 】

上記のオートクレーブは、最長寸法方向がオートクレーブの軸に対して一般に平行に向いている長く延びた製品を熱処理するのに使用可能であり、その熱処理は、所定パターンに従って上記製品を加熱するように実行され、通常は製品の長さに沿って温度が均一に上昇するようになされる。上記製品は、縦方向と横方向の両方の湾曲を有する航空機翼のためのパネルであってもよい。

【 0 0 1 9 】

一般に、ロードは、それぞれがツールに接触したワークピースからなるパネルを備えており、ワークピースはツールと接触したままで熱処理され成形される。これは、複合材を成形する際、複合材と成形ツールとの間の境界を排気すると共に、オートクレーブ内の高温気体雰囲気中に圧力を加えるのと同様である。オートクレーブは、その主な利用の1つとして、オートクレーブの内部空間の主要部分に沿って延びる単一のパネル及び単一の成形ツールの処理を有している。それはまた、オートクレーブの内部空間の主要部分に沿って相並んだ関係にある複数のパネル及び成形ツールの処理にも利用可能である。それはまた、上記内部空間に沿って縦一列に配置された複数のパネル及び成形ツールの処理にも利用可能である。成形部品の製造へのオートクレーブの利用は、硬化可能なプラスチック又は複合材料を使ったパネルの製造に限定されるものではなく、形状を変化させたり特性を改善するための熱処理を受ける必要のある金属製のパネルをも含んでいる。

【 0 0 2 0 】

エージクリープ成形 (age creep forming) は、金属プレートを所望の輪郭形状に成形するのに利用可能であり、例えばアルミニウム又は合金の翼パネルに翼形状を与えるのに利用可能である。このエージクリープ成形に含まれる実際のステップは、硬化可能な合成物を型成形する際に含まれるステップに非常に類似している。機械加工に続いて、金属パネルが型の上に配置され、高温に耐えるプラスチック材料のシートで覆われる。その組立体が、オートクレーブ内に配置されて、シートの下の空気が排気され、オートクレーブの内部が加圧されることで、パネルが型上に強く押しつけられ、そして、オートクレーブが例えば約 220 °C に加熱される。或る期間、例えば 24 時間後、パネルが室温まで冷却され、オートクレーブから取り出される。US-A-4188811 (Chem-tronics) は、金属製のワークピースを成形するためのプロセスを開示しており、これは、片面型を使用すると共に、クリープ成形によってワークピースを型表面の形状と同一形状にするのに熱及び圧力を利用するものである。特に、この特許は、金属製のワークピースの形状を変えるためのプロセスを開示しており、これは、ワークピースに要求される形状を有する型面上にワークピースを配置するステップと、上記ワークピースを加熱することとそれにコンプライアント体 (compliant body) を介して圧力を加えることを同時に行うステップとを備え、このコンプライアント体は個別の耐熱・圧力伝達材料から構成されて、ワークピースにおける型とは反対の側に配置されており、ワークピースが加熱される温度と印加される圧力とが互いに関連づけられることで、ワークピース金属がその降伏強さよりも小さな応力でプラスチックのように流れて型面と接触し、その結果、所望の形状がワークピースに押しつけられる。クリープ成形についてのもっと最近の参照事項は、US-A-5345799 (Aliteco AG) 及び US-A-6264771 (Bornschlegel) に見られる。

【 0 0 2 1 】

前述したように、オートクレーブの区域内における1つの好ましい気体循環パターンはバイローバル循環であり、これは各区域内でのバイローバル循環の面がオートクレーブの軸を横切る方向に向いており、この場合、バイローバル循環の中央領域での気体がツール上にぶつかり、及び/又はツールを通過する。ツールは、気体循環経路の周辺部分に沿って移動する気体が当該気体がロード空間を横断する気体循環経路の中央部分に入る位置に面した、気体受け入れ開口を有しているのが都合が良い。第2の好ましい気体循環はテトラローバル (tetra-lobal; 4つのローブの) 循環であり、これは、オートクレーブを断面で見た場合に 0 ° と 180 ° の位置に第1及び第2のインペラーが配置され、内部ロード空間を規定する壁内の裂け目によって 90 ° 及び 270 ° の位置に放出出口が規定されて

10

20

30

40

50

おり、その結果、内部へ向かう加熱空気の第 1 及び第 2 の流れが互いに反対方向からワークピース上にぶつかることを可能にしている。

【 0 0 2 2 】

本発明がどのように作用するかについて、添付図面を参照しつつ、その一例のみを用いて説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 3 】

本発明は、特に、アスペクト比の大きなオートクレーブ、体積の大きなオートクレーブ、又は体積が大きくかつアスペクト比も大きなオートクレーブに適用可能であるが、これに限定されるわけではない。オートクレーブは長さ 15 メートルであってもよく、また、典型的な設備では、長さ約 35 メートルのものもあり、その長さには、選択された非軸方向の流れパターンの故に、特定の上限は存在しない。オートクレーブの体積は、250 立方メートルよりも大きく、しばしば 500 立方メートルを超えており、典型的な設備では 750 立方メートルを超えている。オートクレーブ内のロード空間のアスペクト比（直径又は最大横寸法に対する長さの比）は、3 より大きく、通常は 5 よりも大きく、典型的な設備では約 7 である。

【 0 0 2 4 】

大きな航空機翼用のパネルであって、翼が航空機の胴体に結合されている場所から生じているパネルのような部品が、ファン 52 による軸方向の空気循環を有する従来のオートクレーブ 50 内で熱処理される場合に生じる問題が、図 2 に示されている。翼パネル 54 は、例えば、アルミニウム合金であって、断面が一般に付け根の方では 40 mm、先端の方では 4 mm で、横と縦の両方向に湾曲しており、その長さに沿って断面が全般的に徐々に変化している。一般に厚さ約 10 mm の鋼板からなるツールが、クリープ成形されるパネル 54 を支持し、このパネルすなわちワークピースが、ツールに沿って又はツールを横切って配置されたねじジャッキによって規定される基準面上に引き下ろされる。パネルは、ゴムシートによって覆われ、真空又はオートクレーブ内の気体圧によって基準面上に引き下ろされる。この場合のオートクレーブは、一般に 20 bar までの圧力で、200°C までである。

【 0 0 2 5 】

クリープ成形のためには、パネル 54 の受けるべき熱レジーム（thermal regime）のための典型的な仕様は、パネルが目標温度の $\pm 2^{\circ}\text{C}$ に加熱されなければならないということ、及び、パネルの最も厚い部分が最も薄い部分の 1 時間以内にその目標温度に達しなければならないということである。熱がパネルに到達するのは、主に、ゴムカバーシート上に加熱気体がぶつかることによってであり、そのために、空気に対流を生じさせ、ゴムカバーシートに熱伝導を生じさせ、アルミニウムパネルに熱容量を持たせることが必要である。

【 0 0 2 6 】

図 2 においては、明瞭になるようツールは省略してある。明らかなように、気体は、矢印 60 で示されるようにオートクレーブの側壁 56 と内壁 58 との間をファン 52 から軸方向に流れ、そして内部へ向かって折り返すことで軸方向の戻り流 61 を提供する。放射チューブ加熱要素（不図示）が壁 56、58 間に設けられている。オートクレーブは 3 つのセグメントに形成されており、すなわち、ファンから最も遠いセグメント 62、中央のセグメント 64、及びファンに最も近いセグメント 66 を備えている。ファン 52 から最も遠いセグメント 62 内では、パネル 54 は内壁 58 から比較的広い間隔にあり、気体流は比較的ゆっくりしている。中間のセグメント 64 内では、パネル 54 と内壁 58 との隙間が狭く、気体流はそれに応じて増加した伝熱係数で加速される。ファン 52 に最も近いセグメント 66 内では、パネル 54 の逆方向への湾曲のために、加熱気体はもはやゴム被覆層上に直接ぶつかることがなく、その代わりに、加熱気体の一部がそこをバイパスして矢印 68 で示されるようにファンへ直接に戻り、その残りは矢印 70 で示されるように乱流となる。このように異なる気体流レジームと、それによって生じるロード（ワークピース

及び／又はツール）伝熱係数の相違とによって生じる問題を解消するためには、ファン 52 は、流路の長さ起因する高い定常水頭に対抗し、かつ、流路の流出部分内のヒータや流路の戻り部分内のロードによって提供される障害物に対抗する、非常に高い気体流を生成しなければならない。主な気体流は図示のようにパネル 54 の表面上にあるので、ツールを通る気体流はプロセスには大きく寄与しない。必然的に、ロードの一端は他端よりも温度が低い。メガワット（MW）のファン電力が必要とされ、これは非常に大きなコストを伴うものであり、不等率がゼロである。

【0027】

本発明は、これらの問題を解消するものであり、それは、図 3 に示すように、加熱気体の一般に非軸方向の流れパターンを提供することによる。この流れパターンは、放射チューブを通り過ぎた流れによって加熱可能な場所であるオートクレーブの内壁と外壁間を周辺方向に循環し、ロード空間を横切る気体を伴うものであって、これにより、矢印 72 で示されるように流れがロード上にぶつかるようになる。オートクレーブの軸に対して一般に直角を向いている平面内における気体循環のパターンは、ロード空間を、不等率を有するロードの温度が均一に維持されるよう気体流（の速度及び温度）が独立して制御可能である多数のプロセス区域（processing zones）に分割する機会を提供する。本発明の実施形態では、各セグメント毎の周辺方向への流れが、オートクレーブの最上位領域に取り付けられ当該最上位領域に沿って軸方向に配置された冷却ユニットを通過してから、その下方へ案内される。この冷却ユニットは、第 1 に、処理サイクルの加熱期間中に循環気体の温度を調整して、オートクレーブにおけるほとんどロードのない又は全くロードのない領域を過加熱するのを防止するのに役立ち、また第 2 に、処理サイクルの冷却期間中に温度を周囲温度に戻すのを手助けするのに役立つ。冷却ユニット 74、76、78 がセグメント 62 内に設けられ、冷却ユニット 80、82、84 がセグメント 64 内に設けられ、冷却ユニット 88、90、92 がセグメント 66 内に設けられている。周辺方向の流れは、冷却ユニットに入り、それから図示のようにロードへ向かって下方へ案内される。気体の移動における戻り部分では、オートクレーブの床下にある整合ユニット内のインペラーが、気体をロード空間から壁 56、58 間へと戻してやることで周辺方向の流れを生じさせている。

【0028】

ロードを配分することに加え、オートクレーブに沿って所々に配置された多数のインペラーを用いることで、各インペラー毎の定常水頭が低下し、その結果、オートクレーブの空気移動の必要性を大幅に譲歩することなしに、もっと小型のモータを利用することが可能になる。より小型のモータは製造及び取り付けが容易であり、制御の改善を提供するものであるが、その理由は、まず、各モータによって制御された横方向の流路が従来のオートクレーブにおける軸方向の流路と比べて比較的短いからであり、また、インペラー速度の調整が、質量流を制御するためだけでなく、特に比較的の高いオートクレーブ内圧で熱入力重要な均衡を提供しうる、各インペラーで与えられる摩擦熱の量を制御するためにも利用可能だからである。モータは、気体循環に必要とされるよりも大きな定格パワー出力を有しているのが好ましく、そのようにすることで、余分なパワーを区域内での気体の摩擦加熱に利用可能である。もし、オートクレーブに沿って所々に配置された複数のモータ及びインペラーによってデューティが配分され、従来技術のオートクレーブのように端壁内の単一モータによってデューティが配分されるのであれば、プロセスサイクルの休止期間において重要である摩擦加熱の利用は容易である。

【0029】

図 3 のオートクレーブの断面が図 4 a - 4 h に示されており、これらの図では、オートクレーブが側壁 56 とそれに対面する弧状の側壁 58、58 a とを有しており、この側壁 58、58 a は側壁 56 と共に、ガス燃焼型の放射ヒータチューブ 96 を含む周辺気体循環空間 95 を規定している。図 4 a から明らかなように、各セグメントは、片側毎に 6 個のガスバーナによって燃焼される 6 個の放射チューブを有しており、各セグメント毎に 12 個の放射チューブ及びガスバーナが与えられている。ガス燃焼型の放射チューブはほんの

一例であり、他の加熱形態を採用してもよいということがわかる。ロード空間 9 8 は、内壁 5 8、5 8 a、天井 1 0 0、床 1 0 2、冷却ユニット（この場合は天井取り付けのユニット 7 6）、及び床取り付けのインペラー 1 0 4 の間に規定されている。ロード 1 0 6 はロード空間内に存在し、成形されるパネル及び成形ツールの形態になっており、この成形ツールは変形可能な材料からなるブランケットか、パネルを覆う剛直な第 2 ツール部分を有すると共に、パネル下に真空を供給して成形作業を手助けするための手段（不図示）を有している。

【 0 0 3 0 】

連続した図中に矢印で示されるように、ロード 1 0 6 の下側からの加熱気体がインペラーすなわちファン 1 0 4 内に通過し（図 4 b）、そこから気体循環空間 9 5 へと放出されてそこを周辺方向に流れ（図 4 d、4 e）、冷却ユニット 7 6 へと到達する。インペラーすなわちファンは、通常は遠心ファンであり、これはケーシングと、（この実施形態では）床内の開口に連結された入口と、オートクレーブの横方向を向いた互いに対面する第 1 及び第 2 の出口とを有している。このようにすることで、ロード空間からの気体は、オートクレーブの互いに対向する側にある取り囲まれた空間を介して、それぞれの冷却ユニット例えば 7 6 の方へと区域毎に流れる。冷却ユニットを出た気体は、下方へ向けて、ロード 1 0 6 の一部を形成する成形ツールの上又は中へと通過していき、次に成形ツールを通過して（図 4 f、4 g、4 h）、ロードの下側へと戻ってくる（図 4 b）。従って、各区域内において、周辺方向のバイローバル循環が確立される。この循環では、ロードが中央領域すなわちロード空間内にあり、この場所で、2 つのローブ（lobes）からの気体流が結合して横方向（この場合は下方向）へと移動し、ツール上にぶつかって局所的に乱れた熱伝導流パターンを生成することが可能である。

【 0 0 3 1 】

岩綿又はその他の不活性の耐熱絶縁材料からなる内部断熱材 5 9 が、オートクレーブの外部シェルの裏地として設けられることで、加熱期間中にオートクレーブのシェルからの伝熱を減少させてシェルへの熱応力を減少させ、なおかつ、処理サイクルの冷却期間中にシェルからロード空間へと戻る伝熱をも減少させている。このようにすることで、各サイクル毎のエネルギー要求は、ロード又はプロセス質量（process mass）を加熱又は冷却するのに必要とされるエネルギー要求に近づき、より小さなエネルギーで、容器やシェル及びそのドアの質量を含むオートクレーブの合計質量を加熱及び冷却することになる。各処理サイクル中にオートクレーブのシェルの加熱又は冷却するエネルギーは、浪費エネルギーであり、最小にすることが望ましい。弧状の側壁 5 8、5 8 a、天井 1 0 0、及び床 1 0 2 は、連続面を形成することで、インペラー 1 0 4 からの全ての空気流が気体循環空間 9 5 を通過して冷却ユニット 7 6 へと至り、取りこぼし（overspill）を引き起こし得るようなエアギャップは存在しない。エアギャップが存在しないことは重要なことではなく、例えば、ワークピース及び成形ツールの特定領域上に加熱空気を送るために、側壁 5 8、5 8 a にポート（ports）が形成されていてもよい。しかし、そのようなポートは特定のツール及びワークピースに特有と思われるので、あまり好ましくない。このように、オートクレーブは、各作業目的毎にそれぞれ組み立てられることになる。

【 0 0 3 2 】

図 3 のオートクレーブのレイアウトは、オートクレーブ及びそれに関連する制御システムの概略図である図 5 に、図式的に示されている。例えば EP-B-0176508 及び EP-B-0333389 に記載されているように、セグメント 6 2、6 4、6 6 は、放射チューブ 1 1 0 によって加熱され、ガスバーナ 1 1 2 によって燃焼される。放射チューブは、図 5 c の一部を構成する図式部分中に G 1 - G 1 2 として表され、軸方向を向いており、その各々が、独立に制御可能な冷却器 7 4、7 6、7 8、8 0、8 2、8 4、8 8、9 0、9 2 と、独立に制御可能なインペラー 1 1 4、1 1 6、1 1 8；1 2 0、1 2 2、1 2 4；1 2 6、1 2 8、1 3 0 とによってそれぞれ規定された 3 つの加熱区域を通過している。各セグメントにおけるガスバーナは熱電対 G 1 - G 1 2 と関係している。これら熱電対は、周辺空気の温度を測定し、セグメントヒータロジックユニット I C U 7、I C U 9 及び I C U 1 1 のそ

れぞれに信号を送る。これらセグメントヒータロジックユニットは、各セグメントに関連する段階的 (progressive) ガスバーナコントローラ 1 3 2、1 3 4、1 3 6 (cold < SP) に命令信号を順番に送る。3 つのヒータロジックユニットは、3 つのセグメント用のファン・冷却器ロジックユニット I C U 6、I C U 8 及び I C U 1 0 から加熱イネーブル命令 1 3 8、1 4 0、1 4 2 を受け取る。

【 0 0 3 3 】

第 1 の区域では、熱電対 A 1 及び A 2 がインペラー 1 1 4 から出てくる流れの温度を測定し、熱電対 A 3 及び A 4 が冷却器ユニット 7 4 に入る流れを測定し、その差が、ロードによって奪われた熱の測定値、又はサイクルの冷却期間中であればロードから放出されたエネルギーの測定値を提供する。パイローバルの流れパターンの故に、熱電対は対になって設けられている。第 2 の区域では、熱電対 A 5 及び A 6 がインペラー 1 1 6 から出てくる空気の温度を測定し、熱電対 A 7 及び A 8 は冷却器ユニット 7 6 に入る空気の温度を監視する。第 3 の区域では、熱電対 A 9 及び A 1 0 がインペラー 1 1 8 を出てくる空気の温度を監視し、熱電対 A 1 1 及び A 1 2 が冷却器ユニット 7 8 に入る空気の温度を監視する。1 2 個の熱電対からの信号がユニット I C U 6、I C U 8 又は I C U 1 0 に供給される。これらのユニット I C U は、ガスバーナ命令信号を提供することに加え、命令信号 Z 1、Z 2、Z 3 を比例冷却バルブ 1 4 4、1 4 6 及び 1 4 8 (Hot < SP) に提供し、かつ、それと同様な信号を各区域のインペラー用の摩擦熱インバータ 1 5 0、1 5 2、1 5 4 (Hot ± SP) に提供する。従って、もしいずれかの区域内の気体が設定点よりも十分に低い場合には、放射チューブ 1 1 0 のガスバーナ 1 1 2 がスイッチオンされる。もしいずれかの区域内の気体の温度が設定点を超えている場合は、冷却が開始され、各区域毎のインバータパワーの調整が気体温度における細かな偏りを補償することが可能になる。

【 0 0 3 4 】

オートクレーブの動作は、加熱系温度及び気体温度の測定に依存するだけでなく、ロード (ツール又はワークピース) の温度にも依存する。そのために、ロードセンサ熱電対 1 - 3 3 及び参照熱電対 1 - 4 がセグメント 6 2 に割り当てられ、ロードセンサ熱電対 3 4 - 6 7 及び参照熱電対 5 - 8 がセグメント 6 4 に割り当てられ、そして、ロードセンサ熱電対 6 8 - 1 0 0 及び参照熱電対 9 - 1 2 がセグメント 6 6 に割り当てられている。ロジックユニット I C U 1 - I C U 4 は、それらが監視する熱電対のグループの中の最高温のものと最低温のものを示す信号を温度制御ロジック I C U 5 に供給する。このようにすれば、プロセス質量 (ツール+ワークピース) の温度が区域毎に感知され、制御ユニットは、目標温度からのプロセス質量全体の偏りと、個々の区域内での目標温度からの偏りとの両方に応答することが可能である。

【 0 0 3 5 】

1 5 6 (図 5 c) で示されるように、オートクレーブによって実行されるプロセスサイクルは、装置 1 5 6 に格納されており、通常、オートクレーブの加圧、圧力の休止、及び処理サイクルの冷却期間終了時の圧力の開放を与える、比較的単純な圧力サイクル 1 5 8 を含んでいる。圧力サイクルと同時に起こるワークピースプロセスサイクル 1 6 0 は、所定の温度上昇速度、目標のプロセス温度での休止時間、周囲温度への所定の温度戻り速度を有している。プロセス気体温度サイクル 1 6 2 は、通常はもっと複雑であり、サイクルの加熱期間中にワークピース温度を導く気体温度と、伝熱係数を決定する要因である温度間比とを有している。装置 1 5 6 から、情報が 3 つのセグメントにおける圧力コントローラ 1 6 4 に供給され、温度設定点が空気/ロード温度比コントローラ 1 6 6、1 6 8、1 7 0 に供給される。

【 0 0 3 6 】

もしいずれかのワークピース熱電対又は制御熱電対が低すぎる温度を示した場合は、ロジック I C U 5 (図 5 c) はその情報を休止/低温/高温ロジック 1 6 5 に供給する。このロジックには、温度設定点も供給され、信号を装置 1 5 6 に戻すことで、例えば空気温度設定点を変化させてもよい。装置 I C U 5 は、広がり (spread) 制御にも関係している。もしグループ内の熱電対の 1 つが目標温度又はその近くであって、その他の熱電対が低

すぎる温度にある場合、上記ロジックは、低温領域の温度が追いつくまで、それ以上の熱の供給を低減させる（保持する）。もしいずれかのセグメントにおける熱電対が高温になった場合は、信号が比コントローラ 166、168 又は 170 に送られることで、問題の熱電対のあるセグメント内の加熱を減少させるようにする。その信号は、セグメントヒータロジックユニット ICU7、9 又は 11 と、隣接するセグメントにおけるファン・冷却器ロジックユニットとの両方に送られる。従って、もし熱電対 1-33 のうちの 1 つか、参照熱電対 1-4 のうちの 1 つが HOT 信号を与えた場合は、信号がセグメント 62 用の比コントローラ 166 に送られることで、ガスバーナの熱及び / 又はインペラーの摩擦熱が減少させられ、また、信号が隣接セグメント 64 用のファン・冷却器ロジック ICU8 のパルス速度入力に送られることで、そのセグメント内のいずれか又は全ての区域で生じる摩擦熱が調整される。同様に、もし熱電対 34-67 のうちの 1 つか、参照熱電対 5-8 のうちの 1 つが HOT 信号を与えた場合は、信号がセグメント 64 用の比コントローラ 168 に送られることで、ガスバーナの熱及び / 又はインペラーの摩擦熱が減少させられ、また、信号が隣接セグメント 62 及び 66 用のファン・冷却器ロジックユニット ICU6 及び ICU10 のパルス速度入力に送られることで、それらセグメント内のいずれか又は全ての区域で生じる摩擦熱が調整される。更に、もし熱電対 68-100 のうちの 1 つか、参照熱電対 9-12 のうちの 1 つが HOT 信号を与えた場合は、信号がセグメント 66 用の比コントローラ 170 に送られることで、ガスバーナの熱及び / 又はインペラーの摩擦熱が減少させられ、また、信号が隣接セグメント 64 用のファン・冷却器ロジック ICU8 のパルス速度入力に送られることで、そのセグメント内のいずれか又は全ての区域で生じる摩擦熱が調整される。従って、制御回路は、気体温度、ツール温度又はワークピース温度の多数の小さな又は大きな偏りに対しては比較的粗い応答をセグメント毎に実行可能にし、また、目標とする熱処理サイクルからのもっと小さな温度変動に対しては区域毎の冷却、インペラー速度を変化させることによる質量流速の区域毎の調整、及び摩擦熱発生 of 区域毎の変化を利用することで、もっと細かに調整された区域毎の応答を可能にする。

【0037】

上述したように、ロードセンサ対 TC-1 から TC-100 が設けられており、これらは例えば、ツールの下側、及び / 又はツールとワークピースの境界、及び / 又はワークピースの任意の表面に配置可能である。インペラーを介して供給される摩擦熱を、局所的なツール温度に基づいて制御する能力は、本発明の重大な利点である。ガスバーナからの熱は所望のプロセス温度まで加熱する期間中は重要であるが、例えば 7-15 bar の圧力での作動時に、インペラーからの摩擦熱はロード空間内に所望の安定した温度を維持するのに必要とされる熱の全て又はほとんどを提供可能である、ということもわかった。上述したオートクレーブの実際の実施形態が出願人によって構成され、これは、直径 5.5 メートルかつ長さ 40 メートル内でほぼ設備上で $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$ という全空間の均一性を達成しており、また、数十トンの結合質量を有するツール及びワークピースでは $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ という全空間の均一性を達成している。出願人は、オートクレーブが最終的に形成されて調整された時には更に良好な空間均一性を達成するものと予測している。

【0038】

図 6 は、本発明のオートクレーブの他の実施形態を示す断面図である。この実施形態では、各区域が、頭上ヒータで電氣的に加熱されると共に、床ラジエータによって要求どおりに冷却され、ロード室を横切る気体流が押し型ツール上にその下側からぶつかるようになっている。このオートクレーブの 1 つの可能な利用形態は、定期旅客機用の樹脂強化されたカーボン繊維又はその他の複合材料からなる大パネルの型押し及び硬化への利用である。このオートクレーブは、天井 186 及び床 188 と共に、加熱気体の周辺方向の流れのための通路 184、184a を規定する側壁 180 及び内壁 182、182a を有している。インペラー 190 は、ロード空間 191 から電気ヒータ 192、192a を介し、更に通路 184、184a を介してラジエータ 194 へと至る気体の流れを引き起こす。ラジエータ 194 は、冷却要素を含んでおり、そこからロード空間 191 へと気体に戻る

。ロード空間に入った気体は、トロリー 196 及びツール 198 を通過することで、ツールの型押し面の下側にぶつかる。型押しされるパネルは、ツールの上面上にあって、無視できる程の厚さであり、ここでは明瞭にするために省略してある。パネルの上面も型押しされる必要があってもよく、その理由は、例えばパネル上面が直立して一体的に形成された 1 個以上のリブを有しているからであり、そのために、カーボン繊維補強材がツールの第 2 の部分で覆われてもよく、これも明瞭にするために省略されている。矢印で示されるように、気体は、ツールの下側に沿ってオートクレーブの周辺へ向かって流れ、そして、移動可能なバッフル (baffles) 200、200a によってツールへ向かって戻ってくることで、カーボン繊維補強材上に載っている上部型押し部分を加熱するようにしている。上記バッフルの位置は、アクチュエータ 202、202a によってオートクレーブの外部から調整可能である。バッフル 200、200a 間の隙間は、気体が図示のようにインペラー 190 へと戻ってくるのを可能にする。バッフル 200、200a は、ツール 198 上の気体の体積を減少させ、その結果、気体の速度すなわちツールへの気体の伝熱係数が上昇する。

10

【0039】

オートクレーブの軸方向へのロード温度の変化を最小にするには、気体を 1 つの区域から他の区域へと運搬する手段を設けることが望ましいかもしれない。そのような運搬を達成するには、循環状態が周期的に変化するパターンを、オートクレーブの軸方向にシフトする少なくとも 1 つの区域に与えるのがよい。例えば、図 7a 及び 7b に示されるように、隣接する区域の温度が個々にかつ周期的に変化可能である。区域から区域への温度の周期的な変化は、ロジックユニット ICU6 - ICU10 及びインバータ 150 - 154 によるインペラー 114 - 130 の摩擦熱の調整によって達成されるのが都合よい。

20

【0040】

図示の実施形態には、本発明の範囲内で様々な変更を加えることが可能である。

例えば、図には、第 1 に、ヒータが天井にあり、冷却ラジエータが床にあって、気体がロード空間を介して下方へ流れることで、高温の空気が上方からぶつかるようにした場合が示されており、また、第 2 に、冷却ラジエータが天井に配置され、高温の空気が床下からロード空間内へと上昇するように導かれ、このロード空間ではツールの根本へと上方へ流れることで、高温の空気が下方からぶつかるようにした場合が示されている。これらの空気流の方向は多くの場合都合がよいが、空気流の方向は任意であり、例えば横から横への流れであってもよく、ヒータと冷却ラジエータはそれに応じて配置される。更に、この流れは、1 区域当たり 1 つ以上のインペラーを用いることによって達成可能であり、ファンはワークピース及びツールの上方及び下方、又はワークピース及びツールの両横側に配置されることで、高温の空気を上方及び下方からぶつかけたり、又は互いに対向する横側からぶつかけたりすることが可能になる。

30

【0041】

図 9 では、3 個の連結された容器ではなく、単一の大きな容器を有するオートクレーブが示されており、これは 3 よりも小さなアスペクト比を有している（従ってこれは、参考のためのみに記載してある）。容器の一端 222 は閉じており、他端はガントリークレーン 226 によって操作可能なドア 224 によって閉鎖可能とされている。このオートクレーブは、前述の実施形態と同様、縦方向に幾つかの加熱区域に分割されており、そのような区域の 1 つの断面が図 10 に明らかになっている。例えば岩綿からなる断熱材 234 によって内部絶縁されたシェル 232 内に、一組のインペラー 228、230 が 180° 離れて配置されている。側壁 229、231 は、それぞれのインペラーに関連する 2 つの傾斜面内に存在するヒータ 236、238 からロード空間を分離している。また、各処理サイクルの冷却期間中にオートクレーブ内の気体を強制的に冷却するための冷却器（不図示）が、各インペラーと関連して設けられている。壁 229 及び 231 は、オートクレーブの赤道領域で互いに分離されることで、その間に、矢印 244、246 で示されるようにロード空間内への空気の噴流を生じさせるための開口 240、242 を規定する。これらの噴流は、ロード空間内において、互いに反対方向からワークピース及びツール上にぶつ

40

50

かることが可能であり、横断面で見た場合に４ローバル（４つのローブ）の気体流を生じさせることができる。このような多区域構造は、かなりの大きさのモータを保持しつつ高レベルの質量空気流を維持することが必要とされる場所において望ましい。インペラー２２８及び２３０の速度がそれぞれの制御手段によって個々に制御可能とすることで、必要に応じて、オートクレーブに沿った個々の区域において別々に制御可能な加熱及び冷却を提供するだけでなく、そのような区域のそれぞれの中の個々の領域において別々に制御可能な加熱及び冷却を提供するようにできる。

【００４２】

図１１及び１２は、参考のために記載された更なるオートクレーブを示すものであり、ここでは、一般に円柱状のシェル３００はその互いに対向する端がドア３０２、３０４によって閉じており、独立に制御可能な５つの加熱区域３０６ａ－３０６ｅに縦方向に分割された内部ロード空間を有している。各加熱区域は、それに関連する、モータ３１０ａ－３１０ｅによって駆動されるインペラー３０８ａ－３０８ｅと、ガス燃焼生成物によってロード空間内の気体を加熱するための第１の熱交換器３１２ａ－３１２ｅと、冷却パイプを介して循環する水に接触させてロード空間内の気体を冷却するための第２の熱交換器３１４ｃ（図１４；第２の熱交換器は図１１に示されていない）とを有している。各区域内の気体は、第１の熱交換器に関連する燃焼ガスを伴う熱交換と、インペラーによって与えられる摩擦熱とによって加熱され、また、その区域内の気体の温度制御を手助けするための処理サイクルの加熱期間と、周囲温度に急速に戻すための処理サイクルの冷却期間との両方において冷却される。制御システムは、一般に図５ａ－５ｃを参照して述べたとおりであり、特に、オートクレーブ内のロードに取り付けられた熱電対によって感知される温度に従って各インペラー３０８ａ－３０８ｅにより各区域内に生成される摩擦熱のフィードバック制御を備えている。オートクレーブのシェルの各端にドア３０２、３０４を設けることで、オートクレーブを製造ライン内に配置することが可能になり、その結果、未処理製品がオートクレーブの一端から入って、他端から出て行くようにでき、また、本発明による非軸方向の気体流がオートクレーブのドアからインペラー及びその駆動モータをなくすことが可能になる。もしそうでなければ、これら駆動モータは重量及び容積の増加につながることになる。図１２に明らかであるように、容器３００は１以上の層からなる熱絶縁材料３１６で裏打ちされており、ロード空間は床３１８、側壁３２０ａ、３２０ｂ、及び天井３２２によって規定され、床３１８に設けられた開口がインペラー３０８ｃに続いており、天井３２２に設けられた開口が熱交換器３１０ｃからロード空間へと続いている。インペラーの動作は、矢印３２４で示されるように、側壁３２０ａ、３２０ｂ間のロード空間から気体の環状循環を生じさせ、続いて、第１の熱交換器３１０ｃからロード空間への戻りを生じさせる。

【００４３】

図１２及び１３を参照すると、ライン３３０内のガスとライン３３２内の空気が燃焼空間３３６内のバーナ３３４に供給される。燃焼の生成物は、ライン３３８を介して熱交換パイプアレイ３４２のマニホールド３４０に供給される。熱交換後のアレイ３４２からのガスは、燃焼空間内のガスと共に、マニホールド３４４及びライン３４６を介して任意のファン３４８へと抽出され、続いて放出される。一般に、バーナ３４４に供給されるガス混合物は約３００％過剰に空気混和されることで、熱交換器チューブを通過する燃焼生成物の温度を和らげ、かつ、熱交換器チューブの堅固さ（hardness）と脆化（embrittlement）を和らげている。何らかの特別な設備に必要とされる伝熱特性に依存して、アレイ３４２のチューブは平坦であってもよく、フィンを備えていてもよく、これは第２の熱交換器のチューブも同様である。各区域の冷却器は、インペラー３０８の上流側か下流側であって床３１８の下方に配置された、１個またはそれ以上の水充填型（water-filled）冷却チューブアレイであってもよく、又は、壁３２０ａ、３２０ｂと断熱材３１６との間に配置されるカスゲート冷却チューブ（serpentine tube）３１４ｃ（平坦、又は冷却フィン付き）であってもよく、又は、熱交換器３１２ａ－３１２ｅの上流又は下流であって天井３２２の上方空間内に配置されてもよい。

【図面の簡単な説明】**【 0 0 4 4 】**

【図 1】図 1 は、既知のオートクレーブの縦垂直断面を示す簡略図である。

【図 2】図 2 は、一端からの空気循環と、少なくとも縦方向に沿って湾曲する長く延びるワークピースとを有するオートクレーブの垂直断面を示す簡略図である。

【図 3】図 3 は、少なくとも一部分が半径方向である空気循環がオートクレーブに沿った所々に配置された一連のインペラーによって生成されることを除き、図 2 に示されたのと同様なオートクレーブ及びワークピースの簡略図である。

【図 4】図 4 a - 4 h は、空気循環のパターンを示す、オートクレーブの横断面図である。

10

【図 5】図 5 a - 5 c は、オートクレーブとその関連する制御システムを示す上部、中央部、下部の図である。

【図 6】図 6 は本発明に係る他のオートクレーブの横断面図である。

【図 7】図 7 a - 7 b は、1つの区域から他の区域への軸方向への空気の動きを生じさせるための圧力波を生成するための仕組みを示す、図 3 及び図 4 a - 4 h のオートクレーブの図である。

【図 8】図 8 a - 8 c は、1つの区域から他の区域への軸方向への空気の動きを生じさせるための圧力波を生成するための仕組みを示す、図 3 及び図 4 a - 4 h のオートクレーブの図である。

【図 9】図 9 は、本発明に係る更なるオートクレーブの側面図である。

20

【図 10】図 10 は、本発明に係る更なるオートクレーブの横断面図である。

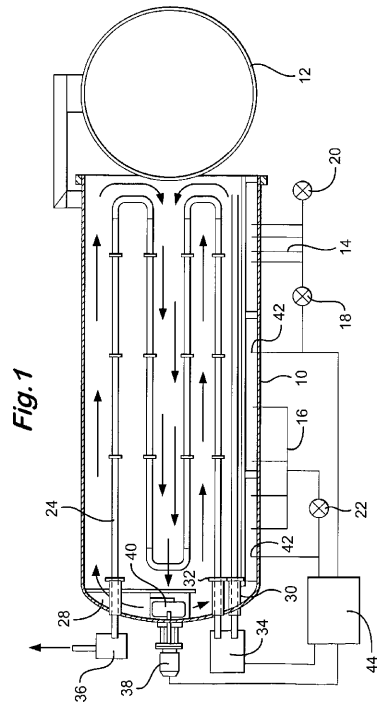
【図 11】図 11 は、参考のための一層更なるオートクレーブの一部断面の側面図である。

【図 12】図 12 は、参考のための一層更なるオートクレーブの横断面図である。

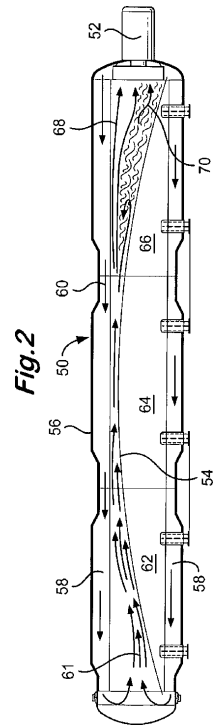
【図 13】図 13 は、オートクレーブの一部を形成するバーナ及び熱交換器ユニットの 1 つを示す回路図である。

【図 14】図 14 は、冷却器の一形態を表す、オートクレーブの加熱及び冷却区域の 1 つを示す図である。

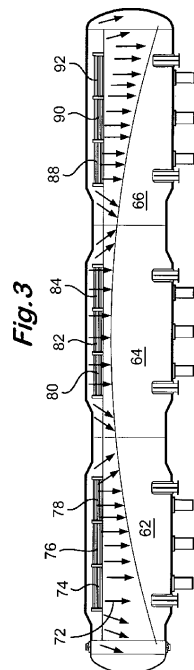
【図 1】



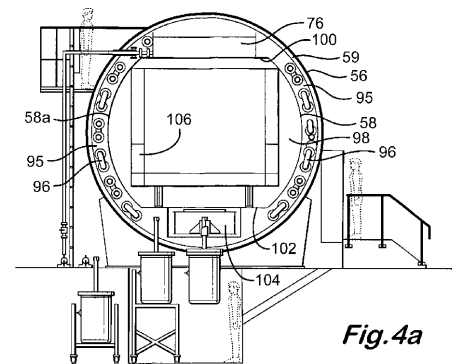
【図 2】



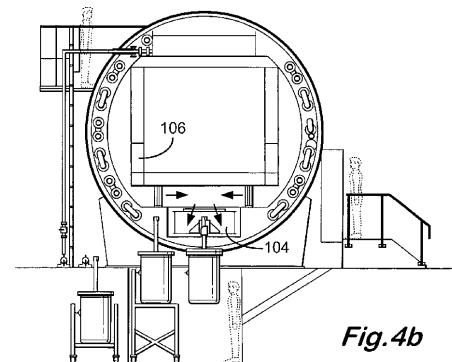
【図 3】



【図 4 a】



【図 4 b】



【図 4 c】

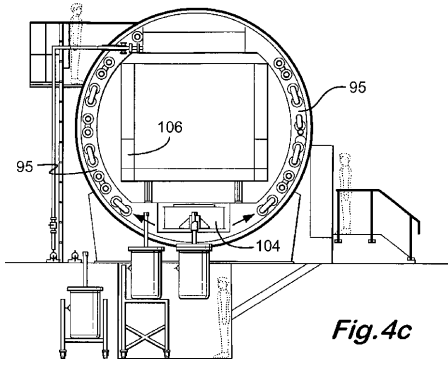


Fig.4c

【図 4 e】

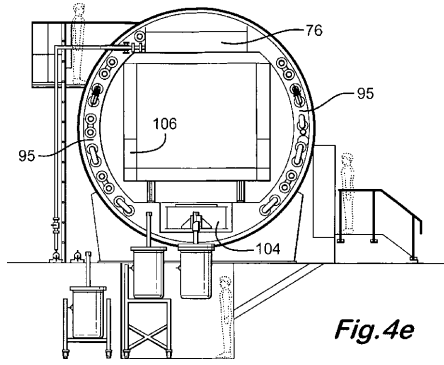


Fig.4e

【図 4 d】

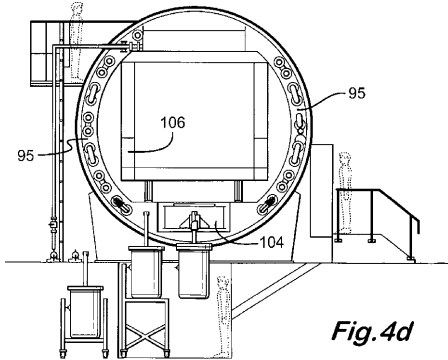


Fig.4d

【図 4 f】

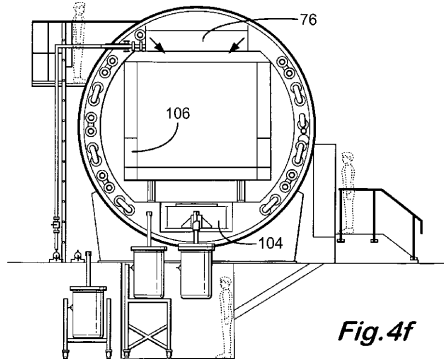


Fig.4f

【図 4 g】

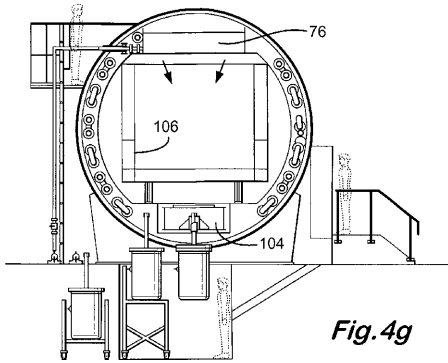


Fig.4g

【図 4 h】

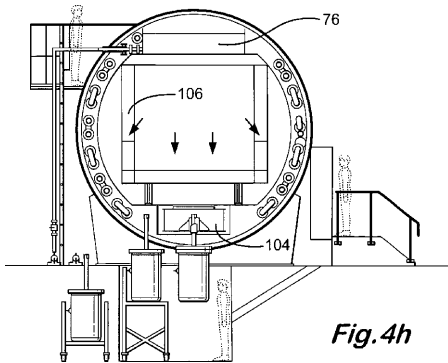
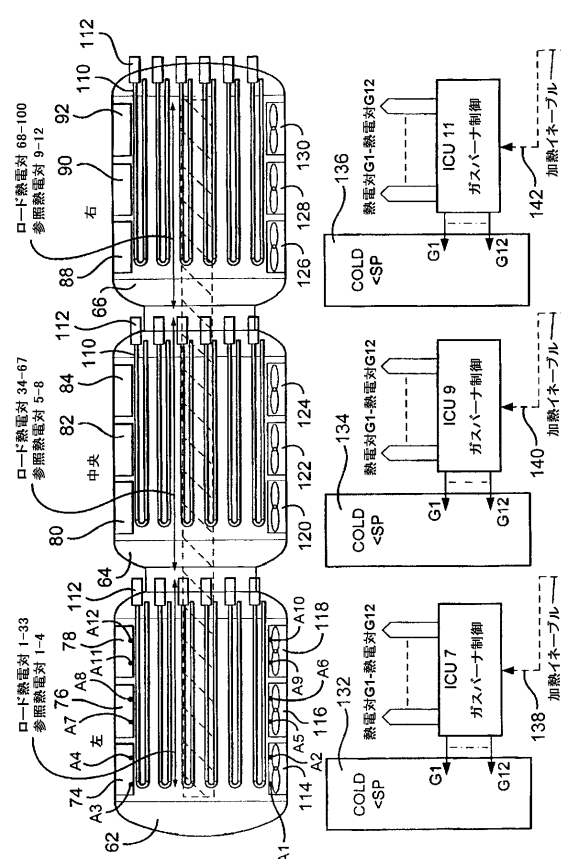
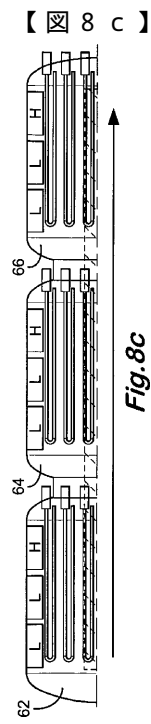
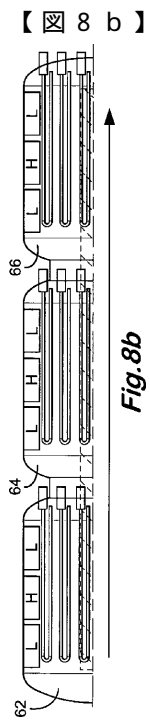
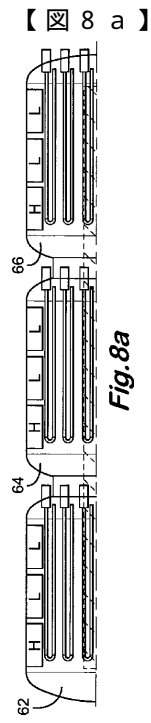
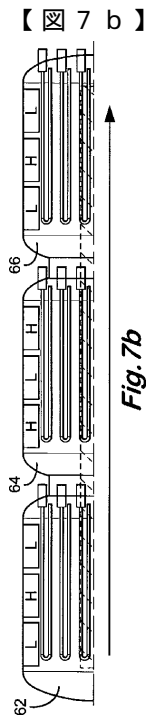


Fig.4h

【図 5 a】





【図 9】

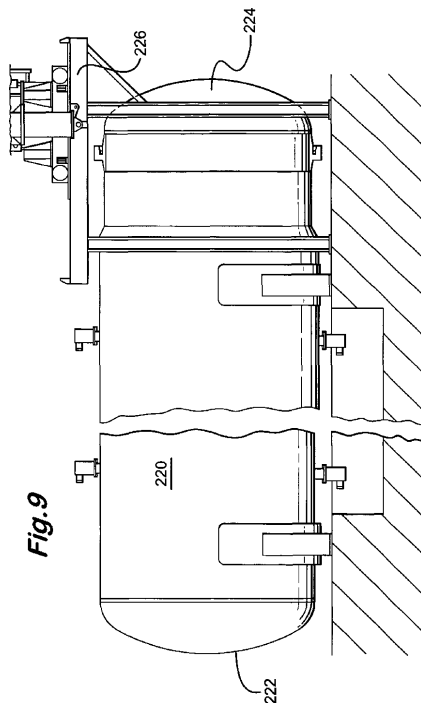


Fig. 9

【図 10】

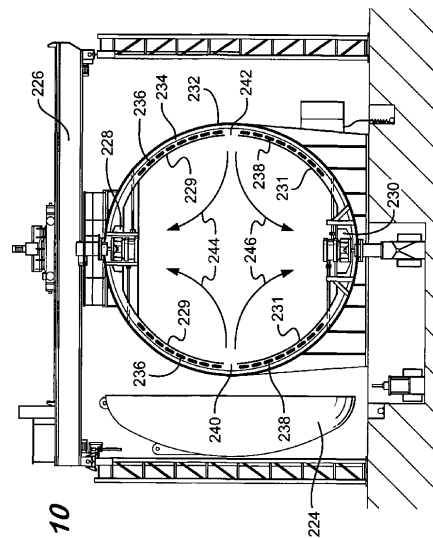


Fig. 10

【図 11】

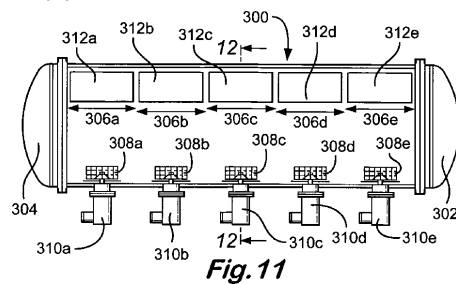


Fig. 11

【図 12】

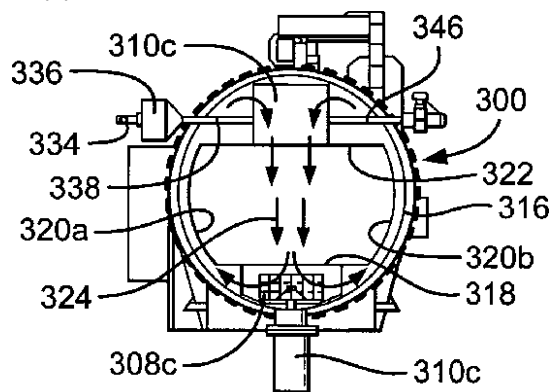


Fig. 12

【図 14】

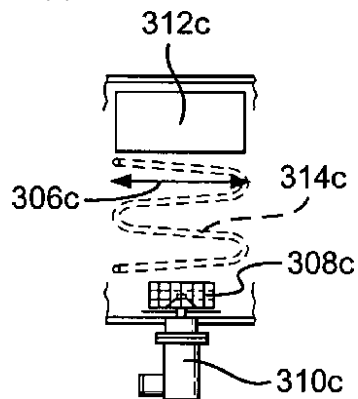


Fig. 14

【図 13】

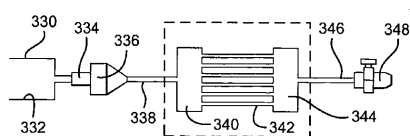


Fig. 13

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 0 5 - 2 4 5 3 6 1 (J P , A)
特開昭 5 8 - 0 6 2 0 1 8 (J P , A)
米国特許第 0 4 1 8 8 8 1 1 (U S , A)
米国特許第 0 5 3 4 5 7 9 9 (U S , A)
欧州特許第 0 0 3 3 3 3 8 9 (E P , B 1)
スイス国特許発明第 0 0 2 2 7 7 9 4 (C H , A 5)
米国特許第 0 4 4 4 7 4 0 2 (U S , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B01J 3/04