

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2017/158938 A1

(43) 国際公開日

2017 年 9 月 21 日 (21.09.2017)

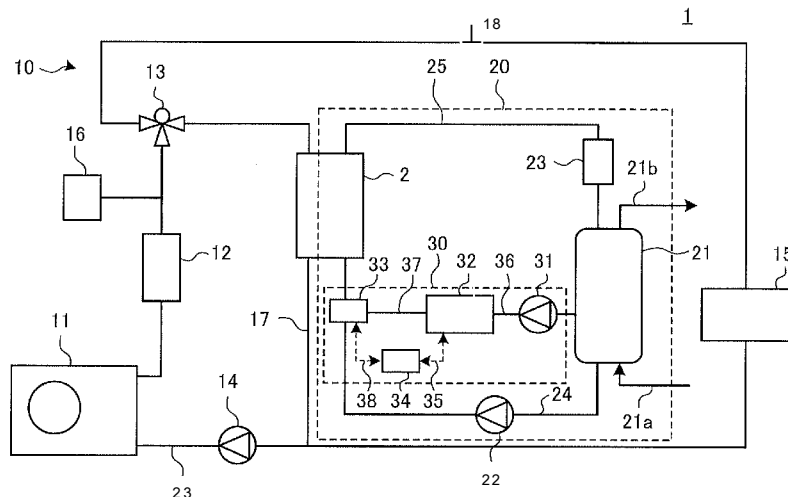
W O P O I P C T

- (51) 国際特許分類 :
F24H 9/00 (2006.01) F28G 13/00 (2006.01)
F28F 19/00 (2006.01) F24H 4/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP20 16/085 106
- (22) 国際出願日 : 2016 年 11 月 28 日 (28.11.2016)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (30) 優先権データ :
特願 2016-052875 2016 年 3 月 16 日 (16.03.2016) JP
- (71) 出願人 : 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI ELEC -
TRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒10083 10 東京都千
代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者 : 執行 永浩 (SHIGYO, Kazuhiro); 〒10083 10
東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電
機株式会社内 Tokyo (JP). 中井 隆文 (NAKAI,
Takafumi); 〒10083 10 東京都千代田区丸の内二丁
目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 宮
一 普 (MIYA, Kazuhiro); 〒10083 10 東京都千代田区
丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内
Tokyo (JP). 内藤 修平 (NAITO, Shuhei); 〒1008310
東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電
機株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人 : 特許業務法人きさ特許商標事務所 (KISA
PATENT & TRADEMARK FIRM); 〒1050001 東京
都港区虎ノ門二丁目 1 0 番 1 号 虎ノ門ツイン
ビルディング東棟 8 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC,
LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, ML, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG,
PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

- (54) Title: HEAT EXCHANGE SYSTEM AND SCALE SUPPRESSION METHOD FOR HEAT EXCHANGE SYSTEM
- (54) 発明の名称 : 熱交換システムおよび熱交換システムのスケール抑制方法



(57) Abstract: Provided is a heat exchange system comprising: an annular first circulation circuit through which a first liquid circulates; an annular second circulation circuit through which a second liquid circulates; a heat exchanger for exchanging heat between the first liquid and the second liquid; a pressure holding unit for pressurizing a part of the second liquid and holding the part of the second liquid in the pressurized state; an opening and closing mechanism provided on the side of the heat exchanger, into which the second liquid flows, and switching, between the second circulation circuit and the pressure holding unit, the flow of the second liquid flowing into the heat exchanger; and a control unit for controlling the pressurization amount of the second liquid held by the pressure holding unit, the control unit also controlling the switching performed by the opening and closing mechanism.

(57) 要約 :

[続葉有]

WO 2017/158938 A1



添付公開書類：

- 国際調査報告 (条約第 21 条 (3))

熱交換システムは、第 1 の液体が循環する環状の第 1 の循環回路と、第 2 の液体が循環する環状の第 2 の循環回路と、第 1 の液体と第 2 の液体との間で熱交換を行う熱交換器と、第 2 の液体の一部を加圧して保持する圧力保持部と、熱交換器の第 2 の液体の流入側に設けられ、熱交換器に流入する第 2 の液体を、第 2 の循環回路と圧力保持部との間で切り替える開閉機構部と、圧力保持部に保持された第 2 の液体に対する加圧量、および開閉機構部の切り替えを制御する制御部とを備える。

明 細 書

発明の名称：

熱交換システムおよび熱交換システムのスケール抑制方法

技術分野

[0001] 本発明は、シャワー等に利用される水などの被加熱液体を加熱する熱交換システムおよび熱交換システムのスケール抑制方法に関するものである。

背景技術

[0002] 浴室や台所に温水を供給する給湯器は、例えば、電気給湯器、ガスボイラ一等のガス給湯器、石油給湯器などに大別され、このような給湯器においては、熱を水に伝えるための熱交換器が設けられている。最近では、特に、省エネルギー性および地球温暖化対策のために二酸化炭素を削減する観点から、電気給湯器の中でも、ヒートポンプ熱交換式の電気給湯器であるヒートポンプ給湯器が注目されている。

[0003] このようなヒートポンプ給湯器は、大気の熱を熱媒体に移し、その熱を用いることでお湯を沸かすものである。より具体的に、ヒートポンプ給湯器の原理は、熱媒体を気体状に圧縮した際に発生する熱を熱交換器によって水に移し、その熱媒体を膨張させた際に発生する冷気により、熱媒体の温度を再び大気温まで戻す冷熱サイクルによるものである。

[0004] ここで、理論上は、給湯器を運転させるために投入されたエネルギー以上の熱エネルギーを取り出すことはできない。しかしながら、このような冷熱サイクルを利用したヒートポンプ給湯器は、大気の熱を利用する仕組みであるため、給湯器の運転に要するエネルギーよりも多くの熱エネルギーを利用することができる。

[0005] ところで、熱交換器は、内部を流れる熱媒体と表面を流れる水などの流体との間で熱交換を行う。そのため、伝熱面である熱交換器の表面を常に清浄な状態に保つことが重要となる。これは、熱交換器の表面が汚れると、有効な伝熱面が減少し、熱伝達性能が低下してしまうためである。また、このよ

うな汚れが蓄積した場合には、水などの流路が閉塞してしまう虞がある。

特に、硬度成分、硫酸塩、ケイ酸成分、金属イオンなどを含む結晶状の生成物であるスケール成分を含む水を給湯器に供給すると、スケールが熱交換器、給湯タンクまたは配管内に付着し、熱交換率が低下したり、流路が閉塞したりしてしまうという問題点があった。

[0006] そこで、最近では、スケールの付着により発生するこのような問題点を解決するための様々な方法が提案されている。例えば、特許文献 1 および特許文献 2 には、給湯用水の圧力に脈動を印加することによって発生する、流量が変化する脈流を用いてスケールの発生を抑制することが記載されている。

[0007] 特許文献 1 および特許文献 2 に記載されたヒートポンプ式給湯器は、貯湯タンクと、貯湯タンク下部から湯水を取り出し、貯湯タンクの上部に戻す加熱循環経路と、加熱循環経路内の湯水を加熱する加熱用熱交換器と、加熱循環経路の加熱用交換機の上流に設けられ、加熱循環経路内の湯水を脈流させる脈動発生手段と、加熱循環経路内の湯水を循環させる循環手段と、脈動発生手段および循環手段を制御する制御部とを備えている。

また、制御部は、脈動発生手段を加熱用熱交換器による加熱中に動作させ脈流を発生させるとともに、加熱循環経路内の流量が予め設定した所定値以上となるように循環手段を制御する。

[0008] このようなヒートポンプ式給湯器では、硬度成分が高い水を用いてお湯を沸かした場合でも、加熱用熱交換器内でのスケールの堆積を抑制することができ、スケールによる配管閉塞の速度を緩和し、ヒートポンプ式給湯器の長寿命化を図ることができる。

[0009] また、特許文献 3 には、水の脈動時におけるせん断応力が一定流量のせん断応力よりも大きく、脈動を印加することにより、スケールの付着を効率的に抑制できることが記載されている。

[0010] そして、特許文献 1 〜特許文献 3 に記載のヒートポンプ式給湯器においては、熱交換システム内で水を循環させるためのポンプを駆動するモータの回転数を制御することによって水に脈動を印加している。

先行技術文献

特許文献

[001 1] 特許文献 1 :特開 2 0 1 0 - 1 4 5 0 3 7 号公報

特許文献 2 :特開 2 0 1 2 _ 1 1 7 7 7 6 号公報

特許文献 3 :特開 2 0 1 4 _ 1 6 0 9 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[001 2] しかしながら、特許文献 1 〜特許文献 3 に記載されているように、モータの回転数によって脈動の印加を制御する場合には、モータの回転数が瞬時に上昇しない。そのため、スケール抑制効果を発揮するポンプ流量を実現するモータ回転数に達するまでに時間を要するという問題点があった。

[001 3] その結果、水の流量がスケール抑制効果を発揮する流量に到達する前に、熱交換器に対して単位時間あたりに接触するカルシウムイオン等のスケール原因物質の量が、一定流量の場合と比較して増えてしまう。そのため、スケールの付着が促進されることになり、脈動を印加することによるスケール抑制効果が低減してしまう。

[0014] 本発明は、上記従来の技術における問題点に鑑みてなされたものであって、熱交換器に対するスケールの発生および成長をより効率的かつ確実に抑制することが可能な熱交換システムおよび熱交換システムのスケール抑制方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[001 5] 本発明の熱交換システムは、第 1 の液体が循環する環状の第 1 の循環回路と、第 2 の液体が循環する環状の第 2 の循環回路と、前記第 1 の液体と前記第 2 の液体との間で熱交換を行う熱交換器と、前記第 2 の液体の一部を加圧して保持する圧力保持部と、前記熱交換器の前記第 2 の液体の流入側に設けられ、前記熱交換器に流入する前記第 2 の液体を、前記第 2 の循環回路と前記圧力保持部との間で切り替える開閉機構部と、前記圧力保持部に保持され

た前記第 2 の液体に対する加圧量、および前記開閉機構部の切り替えを制御する制御部とを備えるものである。

発明の効果

[001 6] 以上のように、本発明によれば、予め設定された圧力が印加された 2 次側液体を、予め設定されたタイミングで熱交換器に対して供給することにより、熱交換器に対するスケールの発生および成長をより効率的かつ確実に抑制することが可能になる。

図面の簡単な説明

[001 7] [図 1] 実施の形態 1 に係る熱交換システムの構成の一例を示すブロック図である。

[図 2] 図 1 の圧力保持部の構成の一例を示す概略図である。

[図 3] 図 1 の開閉機構部の構成の一例を示す概略図である。

[図 4] 図 1 の圧力印加部の動作について説明するためのフローチャートである。

[図 5] 従来のポンプにおけるモータの回転数を増加させた場合のせん断応力の時間変化の一例を示すグラフである。

[図 6] 図 1 の熱交換器の接触面に付着する気泡と析出するスケールとの関係について説明するための概略図である。

[図 7] 図 1 の熱交換器の接触面に析出したスケールの一例を示す概略図である。

[図 8] 図 1 の熱交換器から気泡が離脱する際の気泡離脱径とせん断応力との関係の一例を示すグラフである。

[図 9] 図 1 の熱交換システムにおいて、2 次側被加熱液体にせん断応力を印加した場合のせん断応力の時間変化の一例を示すグラフである。

[図 10] せん断応力パルスの印加回数と気泡の平均径との関係の一例を示すグラフである。

[図 11] せん断応力パルスの印加タイミングを変化させた場合の熱交換器に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

[図12] せん断応力パルスのせん断応力を変化させた場合の熱交換器に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

[図13] せん断応力パルスのパルス幅を変化させた場合の熱交換器に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

[図14] せん断応力パルスのせん断応力およびパルス幅を変化させた場合の熱交換器に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

[図15] 実施の形態2に係る熱交換システムの構成の一例を示すブロック図である。

[図16] 図15の第2の開閉機構部の構成の一例を示す概略図である。

[図17] 第1のせん断応力パルスー第3のせん断応力パルスを印加した場合の熱交換器に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

[図18] 実施の形態3に係る熱交換システムの構成の一例を示すブロック図である。

[図19] 第1のせん断応力パルスー第3のせん断応力パルスを印加した場合の熱交換器2に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

発明を実施するための形態

[0018] 実施の形態1.

以下、本発明の実施の形態1に係る熱交換システムについて説明する。

この熱交換システムは、ヒートポンプによって加熱または冷却された1次側の液体の熱により、水などの2次側の液体を加熱または冷却するものである。また、この熱交換システムでは、2次側液体を加熱または冷却する際に、熱交換器における2次側液体との接触面に発生するスケールの付着を抑制する。

なお、以下では、ヒートポンプによって加熱された被加熱液体の熱により、シャワー等に利用される水などの被加熱液体を加熱して温水を生成する熱交換システムを例にとって説明する。

[0019] [熱交換システムの構成]

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る熱交換システム 1 の構成の一例を示すブロック図である。

図 1 に示すように、熱交換システム 1 は、第 1 の循環回路としての 1 次側循環回路 10、第 2 の循環回路としての 2 次側循環回路 20、および 1 次側循環回路 10 と 2 次側循環回路 20 との間に設けられた熱交換器 2 で構成されている。この熱交換システム 1 は、熱交換器 2 により、1 次側循環回路 10 を循環する第 1 の液体としての 1 次側被加熱液体と、2 次側循環回路 20 を循環する第 2 の液体としての 2 次側被加熱液体との間で熱交換を行う。そして、熱交換システム 1 は、1 次側被加熱液体の熱によつて 2 次側被加熱液体を加熱する。

[0020] ここで、本実施の形態 1 では、例えば、1 次側循環回路 10 を流れる 1 次側被加熱液体の温度が 60℃ となり、ヒートポンプ 11 の出口側温度が 65℃ となるように制御を行う。また、2 次側循環回路 20 の 2 次側被加熱液体の温度は、熱交換器 2 の出口側温度が 57℃ とする。なお、2 次側循環回路 20 では、例えば 2 週に一度程度、2 次側被加熱液体中の細菌の除去を目的として、熱交換器 2 における 2 次側被加熱液体の出口側温度を 65℃ まで昇温する滅菌運転を、1 時間だけ行う。

[0021] 1 次側循環回路 10 は、ヒートポンプ 11、ヒータ 12、流路切替装置 13、第 1 のポンプ 14、ラジエータ 15、膨張容器 16、および熱交換器 2 を備えている。

1 次側循環回路 10 において、ヒートポンプ 11、ヒータ 12、膨張容器 16、流路切替装置 13、熱交換器 2、および第 1 のポンプ 14 は、配管 17 によつて環状に接続されている。また、ラジエータ 15 は、流路切替装置 13 と第 1 のポンプ 14 との間に設けられた、配管 17 とは異なる配管 18 によつて接続されている。配管 17 および配管 18 は、流路切替装置 13 によつて分岐し、熱交換器 2 と第 1 のポンプ 14 との間で合流するようにして接続されている。

[0022] ヒートポンプ 11 は、例えば、内部に冷凍サイクルが形成され、第 1 のポ

ンプ 14 によって供給された 1 次側被加熱液体を加熱する。

ヒータ 12 は、ヒートポンプ 11 から供給された 1 次側被加熱液体をさらに加熱するために設けられている。ヒータ 12 は、ヒートポンプ 11 から供給された 1 次側被加熱液体を加熱し、流路切替装置 13 に供給する。

[0023] 流路切替装置 13 は、例えば電磁式の三方弁であり、1 つの流入口と、2 つの流出口とを有している。流路切替装置 13 は、ヒータ 12 を介してヒートポンプ 11 から供給された 1 次側被加熱液体を、熱交換器 2 およびラジエータ 15 のいずれか一方へ供給するために流出口が選択され、流路を切り替える。

[0024] 第 1 のポンプ 14 は、図示しないモータによって駆動され、熱交換器 2 またはラジエータ 15 からヒートポンプ 11 へ 1 次側被加熱液体を供給する。

ラジエータ 15 は、例えば熱交換器であり、配管 18 を流れる 1 次側被加熱液体と空調対象空間である室内の空気との間で熱交換を行い、1 次側被加熱液体の熱によって室内の空気を加熱する。

[0025] 熱交換器 2 は、1 次側循環回路 10 を流れる 1 次側被加熱液体と、2 次側循環回路 20 を流れる 2 次側被加熱液体との間で熱交換を行い、1 次側被加熱液体の熱によって 2 次側被加熱液体を加熱する。

膨張容器 16 は、ヒータ 12 から流出する 1 次側被加熱液体を一時的に貯留するために設けられている。

[0026] 2 次側循環回路 20 は、タンク 21、第 2 のポンプ 22、スケールトラップ 23、圧力印加部 30、および熱交換器 2 を備えている。2 次側循環回路 20 において、タンク 21、第 2 のポンプ 22、熱交換器 2、およびスケールトラップ 23 は、配管 24 および配管 25 によつて環状に接続されている。

また、圧力印加部 30 は、タンク 21 と、第 2 のポンプ 22 および熱交換器 2 の間とに、配管 24 および配管 25 によつて形成される流路とは異なる、配管 36 および配管 37 によつて形成されるバイパス回路としての流路に設けられている。

[0027] タンク 2 1 は、熱交換器 2 で加熱された 2 次側被加熱液体が供給され、この 2 次側被加熱液体を蓄える。また、タンク 2 1 は、給水配管 2 1 a を介して外部から水道水等が供給され、供給された水道水等を 2 次側被加熱液体として流出させて第 2 のポンプ 2 2 に供給する。タンク 2 1 に蓄えられた、加熱された 2 次側被加熱液体は、温水配管 2 1 b を介して外部に放出され、シャワー等の温水として利用される。

[0028] 第 2 のポンプ 2 2 は、図示しないモータによって駆動され、タンク 2 1 から熱交換器 2 へ 2 次側被加熱液体である水を供給する。第 2 のポンプ 2 2 は、モータの回転数によって熱交換器 2 へ供給する 2 次側被加熱液体の流速を変化させることができる。例えば、第 2 のポンプ 2 2 は、モータの回転数を上昇させることにより、熱交換器 2 へ供給する 2 次側被加熱液体の流速を増加させることができる。

[0029] スケールトラップ 2 3 は、熱交換器 2 の 2 次側被加熱液体との接触面に付着し除去されたスケールを捕捉するために設けられている。なお、スケールトラップ 2 3 のスケール捕捉効果は、2 次側被加熱液体の循環回数が多いほど大きい。そのため、循環回数が 1 回の沸き上げ方式の場合には、スケール捕捉効果がほとんど期待できないため、スケールトラップ 2 3 は設置しなくてもよい。

[0030] 圧力印加部 3 0 は、タンク 2 1 から 2 次側被加熱液体が供給される。圧力印加部 3 0 は、供給された 2 次側被加熱液体に対して予め設定された圧力を印加した後、この 2 次側被加熱液体を熱交換器 2 に対して供給する。

圧力印加部 3 0 は、第 3 のポンプ 3 1、圧力保持部 3 2、開閉機構部 3 3、および開閉制御部 3 4 で構成されている。

[0031] 第 3 のポンプ 3 1 は、図示しないモータによって駆動され、タンク 2 1 から圧力保持部 3 2 へ被加熱液体を供給する。

[0032] 圧力保持部 3 2 は、第 3 のポンプ 3 1 を介してタンク 2 1 から 2 次側被加熱液体が供給される。圧力保持部 3 2 の内部は、2 次側被加熱液体によって常に満たされるとともに、2 次側循環回路 2 0 内の配管を流れる 2 次側被加

熱液体よりも高い圧力が印加された状態となっている。

[0033] 図 2 は、図 1 の圧力保持部 3 2 の構成の一例を示す概略図である。

図 2 に示すように、圧力保持部 3 2 は、中空のシリンダー状に形成されたシリンダー構造部 3 2 a に、電磁弁 3 2 b および電磁弁 3 2 c、水量センサ 3 2 d、圧力センサ 3 2 e、加圧力部 3 2 f が設けられている。これら電磁弁 3 2 b ー加圧力部 3 2 f は、信号線 3 5 を介して開閉制御部 3 4 に接続されている。

圧力保持部 3 2 は、配管 3 6 を介してシリンダー構造部 3 2 a に流入した 2 次側被加熱液体に対して予め設定された圧力を印加する。そして、圧力保持部 3 2 は、圧力が印加された 2 次側被加熱液体を、配管 3 7 を介して後述する開閉機構部 3 3 に対して流出させる。

[0034] 電磁弁 3 2 b は、第 3 のポンプ 3 1 を介して配管 3 6 を流れる 2 次側被加熱液体が流入する流入口に設けられている。電磁弁 3 2 b は、弁の開閉状態を示す情報を、信号線 3 5 を介して開閉制御部 3 4 に供給するとともに、信号線 3 5 を介して開閉制御部 3 4 から供給される制御信号に基づき、弁の開閉状態が制御される。

電磁弁 3 2 c は、例えば圧力保持部 3 2 の上部に設けられている。電磁弁 3 2 c は、弁の開閉状態を示す情報を、信号線 3 5 を介して開閉制御部 3 4 に供給するとともに、信号線 3 5 を介して開閉制御部 3 4 から供給される制御信号に基づき、弁の開閉状態が制御される。

これら電磁弁 3 2 b および電磁弁 3 2 c は、通常時には「開」状態とされており、後述する水量センサ 3 2 d の検出結果に基づき、開閉制御部 3 4 によって弁の開閉状態が制御される。そして、シリンダー構造部 3 2 a 内が 2 次側被加熱液体によって満たされたことを水量センサ 3 2 d が検出すると、電磁弁 3 2 b および電磁弁 3 2 c は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき「閉」状態となるように制御される。

[0035] 水量センサ 3 2 d は、シリンダー構造部 3 2 a 内に蓄積された 2 次側被加熱液体の水量を検出し、得られた検出結果を、信号線 3 5 を介して開閉制御

部 3 4 に供給する。

圧力センサ 3 2 e は、シリンダー構造部 3 2 a 内に蓄積された 2 次側被加熱液体の圧力を検出し、得られた検出結果を、信号線 3 5 を介して開閉制御部 3 4 に供給する。

[0036] 加圧力部 3 2 f は、棒状に形成されている。加圧力部 3 2 f は、信号線 3 5 を介して開閉制御部 3 4 から供給される制御信号に基づきシリンダー構造部 3 2 a に押し込まれることにより、シリンダー構造部 3 2 a 内に蓄積された 2 次側被加熱液体に対して予め設定された圧力を印加する。

そして、シリンダー構造部 3 2 a 内の 2 次側被加熱液体の圧力が予め設定された圧力に達したことを圧力センサ 3 2 e が検出すると、シリンダー構造部 3 2 a は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき、2 次側被加熱液体に対して圧力を印加した状態を保持する。これにより、シリンダー構造部 3 2 a 内の 2 次側被加熱液体は、現在の圧力を保持した状態となる。

[0037] 説明は図 1 に戻り、開閉機構部 3 3 は、例えば三方弁であり、圧力保持部 3 2 側の配管 3 7 を流れる 2 次側被加熱液体と、第 2 のポンプ 2 2 側の配管 2 4 を流れる 2 次側被加熱液体とのうちいずれか一方の 2 次側被加熱液体を選択し、熱交換器 2 側に流出させる。

なお、通常時において、開閉機構部 3 3 は、圧力印加部 3 0 と 2 次側循環回路 2 0 におけるタンク 2 1 側とが圧力的に絶縁された状態を保持するようにされている。

[0038] 図 3 は、図 1 の開閉機構部 3 3 の構成の一例を示す概略図である。

図 3 に示すように、開閉機構部 3 3 は、電磁弁 3 3 a および電磁弁 3 3 b を有している。

[0039] 電磁弁 3 3 a は、圧力保持部 3 2 に接続された配管 3 7 に設けられている。電磁弁 3 3 a は、弁の開閉状態を示す情報を、信号線 3 8 を介して開閉制御部 3 4 に供給するとともに、信号線 3 8 を介して開閉制御部 3 4 から供給される制御信号に基づき、弁の開閉状態が制御される。

電磁弁 3 3 a には、金属シャッター 3 3 c が設けられている。金属シャツ

ター 3 3 c は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき動作し、電磁弁 3 3 a の開閉状態を決定する。金属シャッター 3 3 c は、例えば、中央部近傍に貫通孔が設けられており、この貫通孔を配管 3 7 と一致させることにより、電磁弁 3 3 a が「開」状態となる。

[0040] 電磁弁 3 3 b は、第 2 のポンプ 2 2 に接続された配管 2 4 に設けられている。電磁弁 3 3 b は、弁の開閉状態を示す情報を、信号線 3 8 を介して開閉制御部 3 4 に供給するとともに、信号線 3 8 を介して開閉制御部 3 4 から供給される制御信号に基づき、弁の開閉状態が制御される。

電磁弁 3 3 b には、金属シャッター 3 3 d が設けられている。金属シャッター 3 3 d は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき動作し、電磁弁 3 3 b の開閉状態を決定する。金属シャッター 3 3 d は、例えば、中央部近傍に貫通孔が設けられており、この貫通孔を配管 2 4 と一致させることにより、電磁弁 3 3 b が「開」状態となる。

[0041] 開閉機構部 3 3 は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき、電磁弁 3 3 a および電磁弁 3 3 b が互いに連動するように動作する。

開閉機構部 3 3 では、例えば、金属シャッター 3 3 c が移動して電磁弁 3 3 a が「開」状態となると同時に、金属シャッター 3 3 d が移動して電磁弁 3 3 b が「閉」状態となる。

[0042] このように電磁弁 3 3 a および電磁弁 3 3 b が動作することにより、配管 3 7 および配管 2 4 を流れる 2 つの 2 次側被加熱液体が同時に流出するのを防ぐことができる。また、圧力保持部 3 2 側の 2 次側被加熱液体に印加された圧力がタンク 2 1 の方向に印加されるのを防ぐことができる。

なお、電磁弁 3 3 a および電磁弁 3 3 b をこのような構造とするのは、開閉制御部 3 4 による制御に対する応答を速くするためである。

[0043] 説明は図 1 に戻り、開閉制御部 3 4 は、圧力保持部 3 2 および開閉機構部 3 3 における各部を制御する。

開閉制御部 3 4 は、図 2 に示す圧力保持部 3 2 の水量センサ 3 2 d の検出結果を受信し、この結果が示す情報に基づき、電磁弁 3 2 b および電磁弁 3

2 c の開閉を制御するための制御信号を、信号線 3 5 を介して圧力保持部 3 2 に供給する。

また、開閉制御部 3 4 は、図 2 の圧力センサ 3 2 e の検出結果を圧力保持部 3 2 から受信し、この結果が示す情報に基づき、加圧力部 3 2 f の動作を制御するための制御信号を、信号線 3 5 を介して圧力保持部 3 2 に供給する。

さらに、開閉制御部 3 4 は、予め設定されたタイミングで、図 3 に示す開閉機構部 3 3 の電磁弁 3 3 a および電磁弁 3 3 b の開閉を制御するための制御信号を、信号線 3 8 を介して開閉機構部 3 3 に供給する。

[0044] [熱交換システムの動作]

1 次側被加熱液体は、第 1 のポンプ 1 4 によってヒートポンプ 1 1 に供給され、加熱される。加熱された 1 次側被加熱液体は、ヒータ 1 2 によって再度加熱された後、流路切替装置 1 3 に流入する。

[0045] 流路切替装置 1 3 において、ラジエータ 1 5 側の流出口が選択されている場合、1 次側被加熱液体は、ラジエータ 1 5 側の流出口から流出する。流路切替装置 1 3 から流出した 1 次側被加熱液体は、ラジエータ 1 5 に流入し、室内の空気との間で熱交換を行うことによって室内の空気を加熱する。そして、ラジエータ 1 5 から流出した 1 次側被加熱液体は、第 1 のポンプ 1 4 に流入する。

[0046] また、流路切替装置 1 3 において、熱交換器 2 側の流出口が選択されている場合、1 次側被加熱液体は、熱交換器 2 側の流出口から流出する。流路切替装置 1 3 から流出した 1 次側被加熱液体は、熱交換器 2 に流入し、2 次側被加熱液体との間で熱交換を行うことによって 2 次側被加熱液体を加熱する。そして、熱交換器 2 から流出した 1 次側被加熱液体は、第 1 のポンプ 1 4 に流入する。

[0047] 一方、タンク 2 1 に供給された水などの 2 次側被加熱液体は、タンク 2 1 から流出し、第 2 のポンプ 2 2 によって圧力印加部 3 0 を介して熱交換器 2 に流入する。熱交換器 2 に流入した 2 次側被加熱液体は、1 次側被加熱液体

との間で熱交換を行うことによって加熱され、熱交換器 2 から流出する。

[0048] 熱交換器 2 から流出した 2 次側被加熱液体は、スケールトラップ 2 3 を介してタンク 2 1 に流入し、タンク 2 1 内に蓄えられる。タンク 2 1 に蓄えられた 2 次側被加熱液体は、例えば水などと混合されることにより、シャワー等の温水として利用される。

[0049] また、タンク 2 1 に蓄えられた 2 次側被加熱液体は、圧力印加部 3 0 に供給される。圧力印加部 3 0 に供給された 2 次側被加熱液体は、圧力印加部 3 0 の第 3 のポンプ 3 1 によって圧力保持部 3 2 に流入する。

[0050] 圧力保持部 3 2 に流入した 2 次側被加熱液体は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき予め設定された圧力が印加され、圧力保持部 3 2 から流出する。圧力保持部 3 2 から流出した 2 次側被加熱液体は、開閉機構部 3 3 に流入する。

開閉機構部 3 3 に流入した 2 次側被加熱液体は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき開閉動作を行う電磁弁 3 3 a が「開」状態となった際に、開閉機構部 3 3 から流出し、熱交換器 2 に流入する。

[0051] このとき、開閉機構部 3 3 では、圧力保持部 3 2 側の電磁弁 3 3 a と、第 2 のポンプ 2 2 側の電磁弁 3 3 b とが互いに連動し、電磁弁 3 3 a および電磁弁 3 3 b のいずれか一方が「開」状態となるように制御されている。そのため、電磁弁 3 3 a が「開」状態とされている場合には、圧力保持部 3 2 から流出した 2 次側被加熱液体のみが熱交換器 2 に流入する。そして、このときの電磁弁 3 3 a の開閉動作と、圧力保持部 3 2 における 2 次側被加熱液体に対して印加する圧力を制御することにより、圧力保持部 3 2 から流出する 2 次側被加熱液体を予め設定されたタイミングおよび圧力で熱交換器 2 に流入させる。

[0052] 図 4 は、図 1 の圧力印加部 3 0 の動作について説明するためのフローチャートである。

図 4 を参照して、タンク 2 1 から 2 次側被加熱液体が圧力印加部 3 0 に供給され、圧力印加部 3 0 に保持された 2 次側被加熱液体が熱交換器 2 に流入するまでの動作について説明する。

[0053] まず、開閉制御部 34 の制御に基づき、電磁弁 32c が「開」状態とされるときとともに、電磁弁 32h が「開」状態とされる（ステップ S1、S2）。そして、第 3 のポンプ 31 により、タンク 21 に蓄えられた 2 次側被加熱液体が圧力保持部 32 に供給される（ステップ S3）。2 次側被加熱液体が圧力保持部 32 に供給されると、開閉制御部 34 の制御に基づき、電磁弁 32c が「閉」状態とされるときとともに、電磁弁 32b が「閉」状態とされる（ステップ S4、S5）。

圧力保持部 32 では、開閉制御部 34 の制御に基づき、圧力保持部 32 内の 2 次側被加熱液体に対して設定圧力が加圧力部 32f によって印加される（ステップ S6）。そして、圧力保持部 32 内の 2 次側被加熱液体に対する加圧が保持される（ステップ S7）。

[0054] 次に、開閉制御部 34 から開閉機構部 33 の電磁弁 33b に対して制御信号が発信される（ステップ S8）。開閉機構部 33 では、当該制御信号に基づき、金属シャッター 33d がスライドし、電磁弁 33b が「閉」状態とされる（ステップ S9）。

また、開閉制御部 34 から開閉機構部 33 の電磁弁 33a に対して制御信号が発信される（ステップ S10）。開閉機構部 33 では、当該制御信号に基づき、金属シャッター 33c がスライドし、電磁弁 33a が「開」状態とされる（ステップ S11）。

これにより、圧力保持部 32 内の 2 次側被加熱液体が圧力保持部 32 から流出し、熱交換器 2 に流入する（ステップ S12）。

[0055] 次に、開閉制御部 34 から開閉機構部 33 の電磁弁 33a に対して制御信号が発信される（ステップ S13）。開閉機構部 33 では、当該制御信号に基づき、金属シャッター 33c がスライドし、電磁弁 33a が「閉」状態とされる（ステップ S14）。

また、開閉制御部 34 から開閉機構部 33 の電磁弁 33b に対して制御信号が発信される（ステップ S15）。開閉機構部 33 では、当該制御信号に基づき、金属シャッター 33d がスライドし、電磁弁 33h が「開」状態と

される（ステップS 16）。

[0056] [熱交換器に対して発生するスケールの抑制]

次に、熱交換器2に対して発生するスケールの抑制について説明する。

図5は、従来のポンプにおけるモータの回転数を増加させた場合のせん断応力の時間変化の一例を示すグラフである。

[0057] 本実施の形態1においては、タンク21に蓄えられる2次側被加熱液体として、例えば水道水などが用いられている。このような2次側被加熱液体には、例えば、カルシウムに代表される金属イオンの酸化物、炭酸化合物などのスケール成分が含まれている。そのため、熱交換器2によって2次側被加熱液体を1次側被加熱液体と熱交換する際には、2次側被加熱液体に含まれるスケール成分が熱交換器2における2次側被加熱液体との接触面に析出し、付着する。そして、析出したスケールが熱交換器2に付着すると、このスケールが流路を閉塞するため、熱交換効率が低下する。

[0058] そこで、背景技術の項でも説明したように、従来は、被加熱液体に対して脈流を発生させたり、被加熱液体が熱交換器を通過する際の通過速度を増加させたりすることにより、被加熱液体と熱交換器における被加熱液体との接触面との間にせん断応力を発生させる。そして、従来は、このせん断応力によって、熱交換器の接触面に析出したスケールを剥離することにより、スケールの成長を抑制するようにしている。

[0059] ここで、例えば、被加熱液体の速度を増加させる場合は、通常、被加熱液体を送り出すポンプを駆動するモータの回転数を上昇させることによって行う。しかしながら、ポンプを駆動するモータは、その回転数が目標とする回転数に到達するまでには時間を要する。そのため、モータの回転数を上昇させることによって目標とするせん断応力を得ようとする場合には、図5に示すように、例えば2秒間の時間が必要となる。

[0060] すなわち、従来の方法では、被加熱液体の流量がスケール抑制効果を発揮する流量に到達するまでの時間を要し、スケールの成長が促進されるため、スケール抑制効果が低減してしまう。

本実施の形態 1 では、スケールの成長を抑制するように、予め設定された圧力を付与した 2 次側被加熱液体を予め設定されたタイミングで熱交換器 2 に流入させることにより、熱交換器 2 における 2 次側被加熱液体との接触面に析出したスケールを除去可能なせん断応力を与えるようにする。

[0061] (スケールの析出)

図 6 は、図 1 の熱交換器 2 の接触面に付着する気泡と析出するスケールとの関係について説明するための概略図である。

図 7 は、図 1 の熱交換器 2 の接触面に析出したスケールの一例を示す概略図である。

[0062] 図 6 に示すように、2 次側被加熱液体に含まれる気泡 40 が熱交換器 2 における 2 次側被加熱液体との接触面に付着した場合、気泡 40 と熱交換器 2 の接触面との界面には、界面以外の領域の 1.5 倍程度のイオン濃縮が発生するマイクロ層 41 が形成される。このマイクロ層 41 では、気泡 40 が付着していない部分と比較して、スケールの起点となるスケール核が多く析出される。そして、図 7 に示すように、気泡 40 と熱交換器 2 の接触面との界面には、気泡 40 の形状に対応するようにしてスケール核が析出される。

[0063] このようにして析出されたスケールは、せん断応力を印加することによって除去することができる。このとき、成長していない核の状態では熱交換器 2 の接触面に付着している場合には、一般的に、成長したスケールと比較して低いせん断応力で除去することができる。

[0064] また、スケール核は、成長したスケールと比較して微少であるため、熱交換器 2 および配管の表面などへ再付着したり、配管の澱み部に沈殿したりする虞がない。そのため、スケール核の状態ではスケールを除去する場合には、成長したスケールを除去する場合と比較して低流量、低せん断応力で効率的に除去することができる。

[0065] (せん断応力と気泡離脱径との関係)

図 8 は、図 1 の熱交換器 2 から気泡 40 が離脱する際の気泡離脱径とせん断応力との関係の一例を示すグラフである。

図 8 に示すように、2 次側被加熱液体に印加されるせん断応力が大きくなるにしたがって、熱交換器 2 における 2 次側被加熱液体との接触面から離脱する気泡 40 の径が小さくなることがわかる。例えば、2 次側被加熱液体に対して 50 [Pa] のせん断応力を印加した場合には、100 [μm] 程度の径の気泡 40 を熱交換器 2 の接触面から離脱させることができる。

[0066] 図 9 は、図 1 の熱交換システム 1 において、2 次側被加熱液体にせん断応力を印加した場合のせん断応力の時間変化の一例を示すグラフである。なお、図 9 において、点線で示すせん断応力の時間変化は、図 5 のせん断応力の時間変化を示す。

図 9 に示すように、本実施の形態 1 では、2 次側被加熱液体に対してパルス状のせん断応力（以下、「せん断応力パルス」とここでは定義する）を印加する。この場合、印加されたせん断応力は、図 5 に示す場合と比較して立ち上がりが急峻となり、熱交換器 2 に付着した気泡 40 およびスケール核に対して短時間で目標となるせん断応力を印加することができる。そのため、図 5 に示す場合と比較して、スケール核を効率的に除去できるとともに、スケールの成長を抑制することができる。

[0067] ここで、図 9 に示すせん断応力パルスを印加すると、上述したように、印加されたせん断応力に応じて熱交換器 2 における 2 次側被加熱液体との接触面に付着した気泡 40 が移動する。例えば、図 8 に示す例では、印加時間が 0.5 [秒] であり、大きさが 50 [Pa] のせん断応力を印加した場合には、気泡径が 100 [μm] 程度の気泡 40 を移動させることができる。

[0068] 図 10 は、せん断応力パルスの印加回数と気泡 40 の平均径との関係の一例を示すグラフである。なお、図 10 は、印加時間が 0.5 [秒] であり、大きさが 50 [Pa] であるせん断応力を、0.5 秒間隔で 2 次側被加熱液体に印加した場合の例を示す。

図 10 に示すように、印加するせん断応力パルスの回数が増加するにしたがって、熱交換器 2 における 2 次側被加熱液体との接触面に付着した気泡 40 の平均径が増加する。例えば、せん断応力パルスを 3 回印加した場合、気

泡 40 の平均径は、1000 [μm] 以上となっている。これは、せん断応力パルスを複数回印加することにより、複数の気泡 40 が集合して大きな 1 つの気泡 40 が形成されるためである。

[0069] また、図 8 に示すように、気泡 40 の気泡径が大きいほど、小さいせん断応力で気泡を除去することができる。例えば、3.3 [Pa] のせん断応力パルスを印加することにより、気泡径が 1000 [μm] 程度となるように集合させた気泡 40 を除去することができる。

[0070] すなわち、本実施の形態 1 では、せん断応力が目標せん断応力となるような大きいせん断応力パルスを複数回印加し、気泡 40 を移動および集合させて大きな気泡を形成した後、当該せん断応力よりも小さいせん断応力のせん断応力パルスを印加する。これにより、熱交換器 2 に付着した気泡 40 およびスケール核を効率的に除去し、スケールの成長を抑制することができる。

[0071] [スケール抑制効果の検証]

次に、熱交換器 2 に付着するスケールの抑制効果について検証する。

ここでは、せん断応力パルスの印加タイミングを変化させた場合、せん断応力パルスのせん断応力を変化させた場合、せん断応力パルスの印加時間であるパルス幅を変化させた場合、ならびに、せん断応力パルスのせん断応力およびパルス幅を変化させた場合のそれぞれにおけるスケール抑制効果について検証する。

[0072] (第 1 の検証 :せん断応力パルスの印加タイミングを変化させた場合)

まず、第 1 の検証として、せん断応力パルスの印加タイミングを変化させた場合の熱交換器 2 に対するスケールの付着量について説明する。

[0073] 図 11 は、せん断応力パルスの印加タイミングを変化させた場合の熱交換器 2 に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

この例では、通常状態の流量でのせん断応力である 1 [Pa] の 2 次側被加熱液体に対して、予め設定された大きさのせん断応力を有する第 1 のせん断応力パルスと、第 1 のせん断応力パルスよりもせん断応力が小さい第 2 のせん断応力パルスとを組み合わせたせん断応力パルスサイクルを、以下の条

件で印加する。そして、熱交換システム 1 を 100 時間運転したときに、せん断応力パルスサイクルを印加する周期を変化させた場合の、熱交換器 2 に対するスケール付着量を計測した。

(a) 第 1 のせん断応力パルス

せん断応力 : 50 [Pa]
印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]
パルス休止時間 : 0.5 [秒]
印加回数 : 3 回

(b) 第 2 のせん断応力パルス

せん断応力 : 3.3 [Pa]
印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]
パルス休止時間 : 0.5 [秒]
印加回数 : 1 回

[0074] 図 11 に示す例は、せん断応力パルスを印加しない場合のスケール付着量を 100% とし、せん断応力パルスサイクルを印加する周期をそれぞれ 3 [分]、5 [分] および 7 [分] とした場合のスケール付着量比を示す。また、参考として、従来のポンプにおけるモータの回転数を増加させて脈動を発生させた脈動運転の場合の結果も併せて示す。

図 11 に示すように、3 分周期でせん断応力パルスサイクルを印加した場合には、熱交換器 2 に対するスケール付着量がせん断応力パルスを印加しない場合の 50% となった。また、5 分周期でせん断応力パルスサイクルを印加した場合には、熱交換器 2 に対するスケール付着量がせん断応力パルスを印加しない場合の 61% となった。さらに、7 分周期でせん断応力パルスサイクルを印加した場合には、熱交換器 2 に対するスケール付着量がせん断応力パルスを印加しない場合の 65% となった。なお、従来の脈動運転では、熱交換器 2 に対するスケール付着量がせん断応力パルスを印加しない場合の 73% となった。

[0075] この結果から、3 分周期でせん断応力パルスサイクルを印加した場合のス

ケール付着量が最も小さくなり、他の周期でせん断応力パルスサイクルを印加した場合と比較して、スケール抑制効果が最も大きくなっている。

すなわち、せん断応力パルスサイクルを印加する周期が短いほど、熱交換器 2 に対するスケール付着量が少なくなり、スケール抑制効果が高くなる。

[0076] なお、大きいせん断応力パルスである第 1 のせん断応力パルスを印加する回数が多い、または時間が長いほど熱交換器 2 の表面温度が低下し、熱交換効率が低下することが知られている。そのため、熱交換器 2 表面のスケール付着量に応じて、熱交換効率がより向上するように、せん断応力パルスサイクルにおける第 1 のせん断応力パルスの印加回数および印加時間を設定する必要がある。

[0077] (第 2 の検証 :せん断応力パルスのせん断応力を変化させた場合)

次に、第 2 の検証として、せん断応力パルスのせん断応力を変化させた場合の熱交換器 2 に対するスケールの付着量について説明する。

[0078] 図 12 は、せん断応力パルスのせん断応力を変化させた場合の熱交換器 2 に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

この例では、通常状態の流量でのせん断応力である 1 [Pa] の 2 次側被加熱液体に対して、せん断応力パルスサイクルを以下の条件で印加する。そして、熱交換システム 1 を 100 時間運転したときに、せん断応力パルスサイクルを 5 分毎に 1 回印加する周期で印加した場合の、熱交換器 2 に対するスケール付着量を計測した。

(a) 第 1 のせん断応力パルス

せん断応力 : 0 [Pa] ~ 70 [Pa]

印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]

パルス休止時間 : 0.5 [秒]

印加回数 : 3 回

(b) 第 2 のせん断応力パルス

せん断応力 : 3.3 [Pa]

印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]

パルス休止時間 : 0.5 [秒]

印加回数 : 1 回

[0079] 図 12 に示す例は、せん断応力パルスを印加しない場合のスケール付着量を「100」とし、第 1 のせん断応力パルスの大きさを 0 [Pa] ~ 70 [Pa] まで変化させた場合のスケール付着量を示す。

図 12 に示すように、第 1 のせん断応力パルスの大きさが 5 [Pa] 以上の場合には、せん断応力パルスを印加しない場合と比較して、熱交換器 2 に対するスケール付着量が抑制された。一方、第 1 のせん断応力パルスの大きさが 50 [Pa] 以上の場合には、スケール付着量に変化せず、スケール抑制効果が飽和する傾向となった。

[0080] このように、第 1 のせん断応力パルスの大きさが 5 [Pa] 以上でスケール抑制効果を得ることができ、第 1 のせん断応力パルスの大きさが 50 [Pa] 以上でスケール抑制効果が飽和する。すなわち、2 次側被加熱液体に印加する第 1 のせん断応力パルスの大きさは、5 [Pa] ~ 50 [Pa] の範囲で設定すると好ましい。

[0081] また、第 2 のせん断応力パルスの大きさが 3.3 [Pa] であるため、第 1 のせん断応力パルスの大きさと第 2 のせん断応力パルスの大きさの比率は、「5 : 3.3」~「50 : 3.3」の範囲で設定するとより好ましい。

[0082] (第 3 の検証 : せん断応力パルスのパルス幅を変化させた場合)

次に、第 3 の検証として、せん断応力パルスのパルス幅を変化させた場合の熱交換器 2 に対するスケールの付着量について説明する。

[0083] 図 13 は、せん断応力パルスのパルス幅を変化させた場合の熱交換器 2 に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

この例では、通常状態の流量でのせん断応力である 1 [Pa] の 2 次側被加熱液体に対して、せん断応力パルスサイクルを以下の条件で印加する。そして、熱交換システム 1 を 100 時間運転したときに、せん断応力パルスサイクルを 5 分毎に 1 回印加する周期で印加した場合の、熱交換器 2 に対するスケール付着量を計測した。

(a) 第1のせん断応力パルス

せん断応力 : 3.0 [Pa]
印加時間 (パルス幅) : 0 [秒] ~ 5.0 [秒]
パルス休止時間 : 0.5 [秒]
印加回数 : 1 回

(b) 第2のせん断応力パルス

せん断応力 : 3.3 [Pa]
印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]
パルス休止時間 : 0.5 [秒]
印加回数 : 1 回

[0084] 図13に示す例は、せん断応力パルスを印加しない場合のスケール付着量を「100」とし、第1のせん断応力パルスの印加時間であるパルス幅を0 [秒] ~ 5.0 [秒] まで変化させた場合のスケール付着量を示す。

図13に示すように、第1のせん断応力パルスのパルス幅が0 [秒] ~ 5.0 [秒] のすべての範囲において、せん断応力パルスを印加しない場合と比較して、熱交換器2に対するスケール付着量が抑制された。

特に、第1のせん断応力パルスのパルス幅が0.1 [秒] ~ 1.0 [秒] の範囲では、スケール付着量がせん断応力パルスを印加しない場合の70%以下となり、スケール抑制効果がより高い傾向となった。

[0085] このように、第1のせん断応力パルスのパルス幅を0 [秒] ~ 5.0 [秒] の範囲で設定した場合には、せん断応力パルスを印加しない場合と比較して、スケール抑制効果を得ることができる。特に、パルス幅を0.1 [秒] ~ 1.0 [秒] の範囲で設定した場合には、より高いスケール抑制効果を得ることができる。

また、このようにせん断応力パルスのパルス幅を設定した場合には、上述したようなポンプの制御によってスケールを抑制する際に必要とされる時間は、2秒程度であるのに対して、短い時間でスケールを抑制することができる。

[0086] (第4の検証 :せん断応力パルスのせん断応力およびパルス幅を変化させた場合)

次に、第4の検証として、せん断応力パルスのせん断応力およびパルス幅を変化させた場合の熱交換器2に対するスケールの付着量について説明する。この第4の検証は、上述した第2の検証および第3の検証を組み合わせたものである。

[0087] 図14は、せん断応力パルスのせん断応力およびパルス幅を変化させた場合の熱交換器2に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

この例では、通常状態の流量でのせん断応力である1 [Pa] の2次側被加熱液体に対して、せん断応力パルスサイクルを以下の条件で印加する。そして、熱交換システム1を100時間運転したときに、せん断応力パルスサイクルを5分毎に1回印加する周期で印加した場合の、熱交換器2に対するスケール付着量を計測した。

第1および第2のせん断応力パルスの大きさの比率 : 「3 : 1」 ~ 「30 : 1」

第1および第2のせん断応力パルスのパルス幅 : 0.1 [秒] ~ 2.0 [秒]

第1および第2のせん断応力パルスのパルス休止時間 : 0.5 [秒]

(a) 第1のせん断応力パルスの印加回数 : 3回

(b) 第2のせん断応力パルスの印加回数 : 1回

[0088] 図14に示す例は、せん断応力パルスを印加しない場合のスケール付着量を「100」とした場合のスケール抑制効果の結果を示す。なお、同図においては、スケール抑制効果が20%以上、すなわちスケール付着量が80%以下となった場合の結果を「-」と記載し、スケール抑制効果が20%未満、すなわちスケール付着量が80%を超える場合の結果を「+」と記載している。

[0089] 図14に示すように、第1のせん断応力パルスの大きさと第2のせん断応

カパルスの大きさとの比率が「5 : 1」以上であり、かつ、せん断応カパルスのパルス幅が 1.0 [秒] 以内である場合には、スケール抑制効果が 20 % 以上となった。

また、第 1 のせん断応カパルスの大きさと第 2 のせん断応カパルスの大きさとの比率が「10 : 1」以上であり、かつ、せん断応カパルスのパルス幅が 1.5 [秒] 以内である場合には、スケール抑制効果が 20 % 以上となった。

さらに、第 1 のせん断応カパルスの大きさと第 2 のせん断応カパルスの大きさとの比率が「20 : 1」以上であり、かつ、せん断応カパルスのパルス幅が 2.0 [秒] 以内である場合には、スケール抑制効果が 20 % 以上となった。

[0090] この結果から、第 1 のせん断応カパルスの大きさと第 2 のせん断応カパルスの大きさとの比率が大きいほど、せん断応カパルスのパルス幅を短くしても、熱交換器 2 に対するスケール抑制効果を得られることがわかる。

[0091] 以上のように、本実施の形態 1 では、1 次側被加熱液体が循環する環状の 1 次側循環回路 10 と、2 次側被加熱液体が循環する環状の 2 次側循環回路 20 と、1 次側被加熱液体と 2 次側被加熱液体との間で熱交換を行う熱交換器 2 と、2 次側被加熱液体の一部を加圧して保持する圧力保持部 32 と、熱交換器 2 の 2 次側被加熱液体の流入側に設けられ、熱交換器 2 に流入する 2 次側被加熱液体を、2 次側循環回路 20 と圧力保持部 32 との間で切り替える開閉機構部 33 と、圧力保持部 32 に保持された 2 次側被加熱液体に対する加圧量、および開閉機構部 33 の切り替えを制御する開閉制御部 34 とを備える。

このように、加圧された 2 次側被加熱液体を熱交換器 2 に対して供給することにより、より効率的かつ確実にスケールの発生および成長を抑制することができる。

[0092] また、開閉制御部 34 は、圧力の大きさが異なる複数のせん断応カパルスを組み合わせたせん断応カパルスサイクルを印加した 2 次側被加熱液体を熱

交換器 2 に対して供給するように、圧力保持部 3 2 および開閉機構部 3 3 を制御する。

さらに、せん断応力パルスサイクルは、第 1 のせん断応力パルスと、第 1 のせん断応力パルスよりも圧力の大きさが小さい第 2 のせん断応力パルスとによって形成され、第 1 のせん断応力パルスおよび第 2 のせん断応力パルスの順序で組み合わせられる。

これにより、熱交換器 2 の接触面に付着した気泡 4 0 を第 1 のせん断応力パルスによつて移動および集合させて大きな気泡が形成された後、第 2 のせん断応力パルスによつて大きな気泡を除去することができる。そのため、熱交換器 2 における 2 次側被加熱液体との接触面に付着した気泡 4 0 およびスケール核を効率的に除去することができる。

[0093] 実施の形態 2 .

次に、本発明の実施の形態 2 に係る熱交換システムについて説明する。

本実施の形態 2 に係る熱交換システムは、第 2 の圧力印加部を備える点で、上述した実施の形態 1 と相違する。本実施の形態 2 において、2 次側被加熱液体は、タンク 2 1 と熱交換器 2 との間を複数回循環することによって沸き上げられる（以下、「複数回沸き上げ方式」と適宜称する）。

[0094] [熱交換システムの構成]

図 1 5 は、本実施の形態 2 に係る熱交換システム 1 の構成の一例を示すブロック図である。なお、以下の説明において、上述した実施の形態 1 と共通する部分には同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

図 1 5 に示すように、熱交換システム 1 は、1 次側循環回路 1 0 、2 次側循環回路 2 0 および熱交換器 2 で構成されている。2 次側循環回路 2 0 には、実施の形態 1 と同様の構成に加えて、第 2 の圧力印加部 5 0 が設けられている。

[0095] 第 2 の圧力印加部 5 0 は、第 4 のポンプ 5 1 、配管 5 6 によつて第 4 のポンプ 5 1 に接続された第 2 の圧力保持部 5 2 、および配管 5 7 によつて第 2 の圧力保持部 5 2 に接続された第 2 の開閉機構部 5 3 で構成されている。第

4 のポンプ 5 1 は、第 3 のポンプ 3 1 と同様の構成および機能を有している。また、第 2 の圧力保持部 5 2 は、圧力保持部 3 2 と同様の構成および機能を有している。

[0096] 図 1 6 は、図 1 5 の第 2 の開閉機構部 5 3 の構成の一例を示す概略図である。

図 1 6 に示すように、第 2 の開閉機構部 5 3 は、電磁弁 5 3 a および電磁弁 5 3 b を有している。

[0097] 電磁弁 5 3 a は、第 2 の圧力保持部 5 2 に接続された配管 5 7 に設けられている。電磁弁 5 3 a は、弁の開閉状態を示す情報を、信号線 5 8 を介して開閉制御部 3 4 に供給するとともに、信号線 5 8 を介して開閉制御部 3 4 から供給される制御信号に基づき、弁の開閉状態が制御される。

電磁弁 5 3 a には、金属シャッター 5 3 c が設けられている。金属シャッター 5 3 c は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき動作し、電磁弁 5 3 a の開閉状態を決定する。金属シャッター 5 3 c は、例えば、中央部近傍に貫通孔が設けられており、この貫通孔を配管 5 7 と一致させることにより、電磁弁 5 3 a が「開」状態となる。

[0098] 電磁弁 5 3 b は、タンク 2 1 に接続された配管 2 5 に設けられている。電磁弁 5 3 b は、弁の開閉状態を示す情報を、信号線 5 8 を介して開閉制御部 3 4 に供給するとともに、信号線 5 8 を介して開閉制御部 3 4 から供給される制御信号に基づき、弁の開閉状態が制御される。

電磁弁 5 3 b には、金属シャッター 5 3 d が設けられている。金属シャッター 5 3 d は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき動作し、電磁弁 5 3 b の開閉状態を決定する。金属シャッター 5 3 d は、例えば、中央部近傍に貫通孔が設けられており、この貫通孔を配管 2 5 と一致させることにより、電磁弁 5 3 b が「開」状態となる。

[0099] 第 2 の開閉機構部 5 3 は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき、電磁弁 5 3 a および電磁弁 5 3 b が互いに連動するように動作する。

第 2 の開閉機構部 5 3 では、例えば、金属シャッター 5 3 c が移動して電

磁弁 53 a が「開」状態となると同時に、金属シャッター 53 d が移動して電磁弁 53 b が「閉」状態となる。

[01 00] このように電磁弁 53 a および電磁弁 53 b が動作することにより、配管 57 を介して第 2 の圧力保持部 52 から流出した 2 次側被加熱液体がタンク 21 の方向へ流れるのを防ぐことができる。なお、電磁弁 53 a および電磁弁 53 b をこのような構造とするのは、開閉制御部 34 による制御に対する応答を速くするためである。

[01 01] 説明は図 15 に戻り、開閉制御部 34 は、実施の形態 1 と同様の制御に加えて、第 2 の圧力保持部 52 および第 2 の開閉機構部 53 における各部を制御する。

例えば、開閉制御部 34 は、第 2 の圧力保持部 52 の動作を制御するための制御信号を、信号線 55 を介して第 2 の圧力保持部 52 に供給する。また、開閉制御部 34 は、予め設定されたタイミングで、図 16 に示す第 2 の開閉機構部 53 の電磁弁 53 a および電磁弁 53 b の開閉を制御するための制御信号を、信号線 58 を介して第 2 の開閉機構部 53 に供給する。

[01 02] なお、この例では、実施の形態 1 と異なり、開閉制御部 34 が圧力印加部 30 から独立して構成されているが、これはこの例に限られない。例えば、実施の形態 1 と同様に、開閉制御部 34 が圧力印加部 30 に含まれていてもよいし、第 2 の圧力印加部 50 に含まれるようにしてもよい。

[01 03] [熱交換システムの動作]

本実施の形態 2 に係る熱交換システム 1 における、1 次側循環回路 10 を流れる 1 次側被加熱液体の流れ、および 2 次側循環回路 20 を流れる 2 次側被加熱液体の流れについては、実施の形態 1 と同様である。また、圧力印加部 30 の動作についても、実施の形態 1 と同様である。

[01 04] タンク 21 に蓄えられた 2 次側被加熱液体は、第 2 の圧力印加部 50 に供給される。第 2 の圧力印加部 50 に供給された 2 次側被加熱液体は、第 2 の圧力印加部 50 の第 4 のポンプ 51 によって第 2 の圧力保持部 52 に流入する。

[01 05] 第 2 の圧力保持部 5 2 に流入した 2 次側被加熱液体は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき予め設定された圧力が印加され、第 2 の圧力保持部 5 2 から流出する。第 2 の圧力保持部 5 2 から流出した 2 次側被加熱液体は、第 2 の開閉機構部 5 3 に流入する。

第 2 の開閉機構部 5 3 に流入した 2 次側被加熱液体は、開閉制御部 3 4 の制御に基づき開閉動作を行う電磁弁 5 3 a が「開」状態となった際に、第 2 の開閉機構部 5 3 から流出し、熱交換器 2 に流入する。

[01 06] このとき、電磁弁 5 3 a の開閉動作と、第 2 の圧力保持部 5 2 における 2 次側被加熱液体に対して印加する圧力を制御することにより、第 2 の圧力保持部 5 2 から流出する 2 次側被加熱液体を予め設定されたタイミングおよび圧力で熱交換器 2 に流入させる。

[01 07] ここで、第 2 の圧力保持部 5 2 から熱交換器 2 に流入する 2 次側被加熱液体は、熱交換器 2 内部におけるせん断応力パルスの方が、圧力保持部 3 2 から熱交換器 2 に流入する 2 次側被加熱液体と逆方向になる。本実施の形態 3 では、このような逆方向のせん断応力パルスを第 3 のせん断応力パルスとして、実施の形態 1 で示した第 1 のせん断応力パルスと、第 1 のせん断応力パルスよりも小さい第 2 のせん断応力パルスとの間に加える。なお、この場合の第 3 のせん断応力パルスは、印加方向を除いて第 1 のせん断応力パルスと同等とする。

[01 08] このように、熱交換器 2 内へ押し出す方向の第 1 のせん断応力パルスを印加することによって気泡の移動および集合を行い、熱交換器 2 内から引き戻す方向の第 3 のせん断応力パルスを印加する。これにより、第 1 のせん断応力パルスによって移動および集合して形成される大きな気泡の生成効率を高めることができる。

この場合、第 1 および第 2 のせん断応力パルスのみを印加した場合よりも、熱交換器 2 における 2 次側被加熱液体との接触面に付着した気泡 4 0 およびスケール核が、より効率的に除去される。

[01 09] [スケール抑制効果の検証]

次に、熱交換器 2 に付着するスケールの抑制効果について検証する。

本実施の形態 2 では、実施の形態 1 における第 1 のせん断応力パルスおよび第 2 のせん断応力パルスに加えて、熱交換器 2 に対する応力の印加方向が第 1 および第 2 のせん断応力パルスとは逆方向となる第 3 のせん断応力パルスからなるせん断応力パルスサイクルを、熱交換器 2 に対して印加する。

[01 10] 図 17 は、第 1 のせん断応力パルスー第 3 のせん断応力パルスを印加した場合の熱交換器 2 に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

この例では、通常状態の流量でのせん断応力である 1 [Pa] の 2 次側被加熱液体に対して、予め設定された大きさのせん断応力を有する第 1 のせん断応力パルスと、第 1 のせん断応力パルスよりもせん断応力が小さい第 2 のせん断応力パルスと、第 1 のせん断応力パルスと同じ大きさで応力の印加方向が熱交換器 2 に対して逆方向となる第 3 のせん断応力パルスとを組み合わせたせん断応力パルスサイクルを、以下の条件で印加する。そして、熱交換システム 1 を 100 時間運転したときに、せん断応力パルスサイクルを印加する周期を変化させた場合の、熱交換器 2 に対するスケール付着量を計測した。なお、せん断応力パルスは、第 1 のせん断応力パルス、第 3 のせん断応力パルス、第 2 のせん断応力パルスの順序で印加する。

[01 11] (a) 第 1 のせん断応力パルス

せん断応力 : 50 [Pa]

印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]

パルス休止時間 : 0.5 [秒]

印加回数 : 3 回

(b) 第 3 のせん断応力パルス

せん断応力 : 50 [Pa]

印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]

パルス休止時間 : 0.5 [秒]

印加回数 : 3 回

(c) 第2のせん断応力パルス

せん断応力 : 3 . 3 [P a]

印加時間 (パルス幅) : 0 . 5 [秒]

パルス休止時間 : 0 . 5 [秒]

印加回数 : 1 回

[01 12] 図 1 7 に示す例は、せん断応力パルスを印加しない場合のスケール付着量を 1 0 0 % とし、せん断応力パルスサイクルを印加する周期を 3 [分] とした場合のスケール付着量比を示す。ここでは、せん断応力パルスを印加しない場合の例を「比較例 1」とし、第 1、第 3、第 2 のせん断応力パルスの順序でせん断応力パルスを印加するせん断応力パルスサイクルの場合の例を「実施例 1」として示している。また、実施の形態 1 と同様に、第 1、第 2 のせん断応力パルスの順序でせん断応力パルスを印加するせん断応力パルスサイクルの場合の例を「比較例 2」として示している。

図 1 7 に示すように、第 1、第 2 のせん断応力パルスの順序でせん断応力パルスサイクルを印加した比較例 2 では、熱交換器 2 に対するスケール付着量がせん断応力パルスを印加しない比較例 1 の 5 0 % となった。また、第 1、第 3、第 2 のせん断応力パルスの順序でせん断応力パルスサイクルを印加した実施例 1 では、熱交換器 2 に対するスケール付着量が比較例 1 の 3 5 % となった。

[01 13] この結果から、第 1、第 3、第 2 のせん断応力パルスの順序でせん断応力パルスサイクルを印加した場合には、第 1、第 2 のせん断応力パルスの順序でせん断応力パルスサイクルを印加した場合と比較して、熱交換器 2 に対するスケール付着量が少なくなり、スケール抑制効果がより高くなる。

[01 14] 以上のように、本実施の形態 2 では、第 1、第 3、第 2 のせん断応力パルスの順序で組み合わせたせん断応力パルスサイクルを印加した 2 次側被加熱液体を、熱交換器 2 に対して供給する。これにより、より効率的かつ確実にスケールの発生および成長を抑制することができる。

[01 15] 実施の形態 3 .

次に、本発明の実施の形態 3 に係る熱交換システムについて説明する。

本実施の形態 3 に係る熱交換システムは、2 次側循環回路 20 に設けられたスケールトラップ 23 を取り除いた点で、実施の形態 2 と相違する。本実施の形態 3 において、2 次側被加熱液体は、タンク 21 と熱交換器 2 との間を 1 回循環することによって沸き上げられる（以下、「1 回沸き上げ方式」と適宜称する）。

[01 16] 2 次側被加熱液体のタンク 21 と熱交換器 2 との間の循環回数が 1 回の場合、図 15 に示すスケールトラップ 23 によるスケール捕捉効果は、循環回数が複数回の場合と比較して低く、熱交換器 2 に対するスケール付着の抑制効果がほとんど期待できない。そのため、熱交換器 2 へのスケール付着量は、同量の 2 次側被加熱液体を複数回循環させて沸き上げた場合と比較して多くなる。そこで、本実施の形態 3 では、1 回沸き上げ方式の場合においても、実施の形態 2 と同様のせん断応力パルスサイクルを印加し、熱交換器 2 へのスケール付着を抑制する。

[01 17] 2 次側被加熱液体を沸き上げる際に必要な循環回数は、例えば、ヒートポンプに使用される冷媒の種類によるエネルギー特性に依存する。例えば、2 次側被加熱液体が R410 等のフロン系ガスの場合は、複数回循環させて沸き上げる際のエネルギー効率が低い。また、2 次側被加熱液体が CO₂（二酸化炭素）等の自然冷媒の場合は、1 回循環させて沸き上げる際の方が、エネルギー効率が低い。

[01 18] [熱交換システムの構成]

図 18 は、本発明の実施の形態 3 に係る熱交換システム 1 の構成の一例を示すブロック図である。なお、以下の説明において、上述した実施の形態 1 および 2 と共通する部分には同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

図 18 に示すように、熱交換システム 1 は、1 次側循環回路 10、2 次側循環回路 20 および熱交換器 2 で構成されている。ただし、図 15 に示す実施の形態 2 に係る熱交換システム 1 と比較して、スケールトラップ 23 が取り除かれている。

[01 19] [スケール抑制効果の検証]

次に、熱交換器 2 に付着するスケールの抑制効果について検証する。

本実施の形態 3 では、実施の形態 2 と同様に、第 1ー第 3 のせん断応力パルスからなるせん断応力パルスサイクルを、熱交換器 2 に対して印加する。

[01 20] 図 19 は、第 1 のせん断応力パルスー第 3 のせん断応力パルスを印加した場合の熱交換器 2 に対するスケールの付着量について説明するためのグラフである。

この例では、通常状態の流量でのせん断応力である 1 [Pa] の 2 次側被加熱液体に対して、予め設定された大きさのせん断応力を有する第 1 のせん断応力パルスと、第 1 のせん断応力パルスよりもせん断応力が小さい第 2 のせん断応力パルスと、第 1 のせん断応力パルスと同じ大きさで応力の印加方向が熱交換器 2 に対して逆方向となる第 3 のせん断応力パルスとを組み合わせたせん断応力パルスサイクルを、以下の条件で印加する。なお、せん断応力パルスは、第 1 のせん断応力パルス、第 3 のせん断応力パルス、第 2 のせん断応力パルスの順序で印加する。

[01 21] 熱交換器 2 に対するスケール付着量は、2 次側被加熱液体を 2000 L (リットル) 沸き上げた時点の付着量を計測した。これは、例えばタンク 21 の 1 個分の容量である 200 L を沸き上げた時点では、熱交換器 2 へのスケール付着量が十分でないためであり、評価に際しては、タンク 21 の 10 個分の容量の沸き上げが必要であったためである。

[01 22] (a) 第 1 のせん断応力パルス

せん断応力 : 50 [Pa]

印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]

パルス休止時間 : 0.5 [秒]

印加回数 : 3 回

(b) 第 3 のせん断応力パルス

せん断応力 : 50 [Pa]

印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]

パルス休止時間 : 0.5 [秒]

印加回数 : 3 回

(c) 第2のせん断応力パルス

せん断応力 : 3.3 [Pa]

印加時間 (パルス幅) : 0.5 [秒]

パルス休止時間 : 0.5 [秒]

印加回数 : 1 回

[01 23] 図 19 に示す例は、実施の形態 2 に示すようにスケール トラップ 23 を有し、複数回沸き上げ方式で、せん断応力パルスを印加しない場合の例を上述した「比較例 1」とし、熱交換器 2 に付着したスケール付着量を 100% とした。このときのタンク 21 と熱交換器 2 との間の循環回数は、100 回である。

ここでは、スケール トラップ 23 を取り除いた状態で、かつ 1 回沸き上げ方式で、第 1、第 3、第 2 のせん断応力パルスの順序でせん断応力パルスを印加するせん断応力パルスサイクルの場合の例を「実施例 2」として示している。また、実施の形態 2 と同様に、複数回沸き上げ方式で、第 1、第 3、第 2 のせん断応力パルスの順序でせん断応力パルスを印加するせん断応力パルスサイクルの場合の例を上述した「実施例 1」として示している。さらに、本実施の形態 3 のように 1 回沸き上げ方式であるものの、せん断応力パルスを印加しない場合の例を「比較例 3」として示している。

[01 24] 図 19 に示すように、スケール トラップ 23 がなく、かつ 1 回沸き上げ方式で、せん断応力パルスを印加しない比較例 3 では、熱交換器 2 へのスケール付着量が比較例 1 の 215% に増加した。また、スケール トラップ 23 がなく、かつ 1 回沸き上げ方式で、第 1、第 3、第 2 のせん断応力パルスの順序でせん断応力パルスを印加する実施例 2 では、熱交換器 2 へのスケール付着量が比較例 1 の 58% となった。

[01 25] 以上の結果から、1 回沸き上げ方式において、せん断応力パルスを印加した場合には、せん断応力パルスを印加しない場合と比較して、比較例 1 を基

準とした場合のスケール付着量が215%から58%に大幅に低減することができる。また、複数回沸き上げ方式では、せん断応力パルスを印加することにより、スケール付着量が100%から35%に低減するため、65%の低減効果がある。これに対して、1回沸き上げ方式では、せん断応力パルスを印加することにより、スケール付着量が比較例3の215%から実施例2の58%に低減し、157%の低減効果があり、複数回沸き上げ方式よりも高い低減効果を奏することができる。

[01 26] 以上のように、本実施の形態3では、実施の形態2と同様に、第1、第3、第2のせん断応力パルスの順序で組み合わせたせん断応力パルスサイクルを印加した2次側被加熱液体を、熱交換器2に対して供給する。これにより、実施の形態2と同様に、より効率的かつ確実にスケールの発生および成長を抑制することができる。

[01 27] すなわち、このようなせん断応力パルスサイクルを熱交換器2に供給することによってスケールの発生および成長を抑制するという効果は、2次側循環回路20における循環回数が実施の形態1および2のような複数回の場合だけでなく、例えば1回の場合であっても得ることができる。

[01 28] 以上、本発明の実施の形態1〜3について説明したが、本発明は、上述した本発明の実施の形態1〜3に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で様々な変形や応用が可能である。

[01 29] 例えば、本実施の形態1〜3では、ヒートポンプ11によって加熱された1次側被加熱液体の熱によって2次側被加熱液体を加熱する熱交換システム1を例にとって説明したが、これはこの例に限られない。例えば、熱交換システム1は、ヒートポンプ11によって冷却された1次側液体の熱によって2次側液体を冷却するものであってもよい。

[01 30] また、例えば、熱交換システム1は、タンク21を備えていなくてもよい。この場合には、例えば、2次側循環回路20における2次側被加熱液体が循環する経路から分岐した経路を設ける。そして、圧力印加部30には、この分岐経路を流れる2次側被加熱液体を供給する。これにより、上述した説

明と同様に、熱交換器 2 の接触面に付着した気泡 40 およびスケール核を効率的に除去することができる。

符号の説明

[0131] 1 熱交換システム、2 熱交換器、10 1次側循環回路、11 ヒートポンプ、12 ヒータ、13 流路切替装置、14 第1のポンプ、15 ラジエータ、16 膨張容器、17、18 配管、20 2次側循環回路、21 タンク、21a 給水配管、21b 温水配管、22 第2のポンプ、23 スケールトラップ、24、25 配管、30 圧力印加部、31 第3のポンプ、32 圧力保持部、32a シリンダー構造部、32b、32c 電磁弁、32d 水量センサ、32e 圧力センサ、32f 加圧力部、33 開閉機構部、33a、33b、53a、53b 電磁弁、33c、33d、53c、53d 金属シャッター、34 開閉制御部、35、38、55、58 信号線、36、37、56、57 配管、40 気泡、41 マイクロ層、50 第2の圧力印加部、51 第4のポンプ、52 第2の圧力保持部、53 第2の開閉機構部。

請求の範囲

- [請求項 1] 第 1 の液体が循環する環状の第 1 の循環回路と、
 第 2 の液体が循環する環状の第 2 の循環回路と、
 前記第 1 の液体と前記第 2 の液体との間で熱交換を行う熱交換器と、
 、
 前記第 2 の液体の一部を加圧して保持する圧力保持部と、
 前記熱交換器の前記第 2 の液体の流入側に設けられ、前記熱交換器
 に流入する前記第 2 の液体を、前記第 2 の循環回路と前記圧力保持部
 との間で切り替える開閉機構部と、
 前記圧力保持部に保持された前記第 2 の液体に対する加圧量、およ
 び前記開閉機構部の切り替えを制御する制御部と
 を備える
 熱交換システム。
- [請求項 2] 前記開閉機構部と前記第 2 の循環回路との間にバイパス回路が設け
 られ、
 前記バイパス回路に前記圧力保持部が設けられている
 請求項 1 に記載の熱交換システム。
- [請求項 3] 前記第 2 の循環回路に前記第 2 の液体を蓄えるタンクが設けられ、
 前記開閉機構部と前記タンクとの間に前記バイパス回路が設けられ
 ている
 請求項 2 に記載の熱交換システム。
- [請求項 4] 前記制御部は、
 圧力の大きさが異なる複数のせん断応力パルスを組み合わせたせん
 断応力パルスサイクルを印加した第 2 の液体を前記熱交換器に対して
 供給するように、前記圧力保持部および前記開閉機構部を制御する
 請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の熱交換システム。
- [請求項 5] 前記せん断応力パルスサイクルは、
 第 1 のせん断応力パルスと、該第 1 のせん断応力パルスよりも圧力

の大きさが小さい第 2 のせん断応力パルスとによつて形成され、

前記第 1 のせん断応力パルスおよび前記第 2 のせん断応力パルスの順序で組み合わせられる

請求項 4 に記載の熱交換システム。

[請求項 6]

前記開閉機構部は、

前記圧力保持部から前記第 2 の循環回路に合流する流路に設けられた第 1 の弁と、

前記第 2 の循環回路における前記流路との合流地点の上流側に設けられた第 2 の弁と

を有し、

前記制御部の制御に基づき、前記第 2 の弁を閉じるとともに前記第 1 の弁を開き、

前記圧力保持部で加圧された前記第 2 の流体を前記第 1 のせん断応力パルスまたは前記第 2 のせん断応力パルスとして前記熱交換器に対して流入させ、

前記制御部の制御に基づき、前記第 1 の弁を閉じるとともに前記第 2 の弁を開く

請求項 5 に記載の熱交換システム。

[請求項 7]

前記第 2 の液体の位置を加圧して保持する第 2 の圧力保持部と、

前記熱交換器の前記第 2 の流体の流出側に設けられ、前記第 2 の圧力保持部に保持された前記第 2 の液体を、前記熱交換器に流入させるようにして、前記熱交換器の流出側に対する前記第 2 の液体の流入出を切り替える第 2 の開閉機構部と

をさらに備え、

前記制御部は、

前記熱交換器に対して供給する方向が異なる複数のせん断応力パルスを組み合わせたせん断応力パルスサイクルを印加した第 2 の液体を前記熱交換器に対して供給するように、前記圧力保持部および前記開

閉機構部、ならびに前記第2の圧力保持部および前記第2の開閉機構部を制御する

請求項1〜3のいずれか一項に記載の熱交換システム。

[請求項8]

前記せん断応力パルスサイクルは、

第1のせん断応力パルスと、該第1のせん断応力パルスよりも圧力の大きさが小さい第2のせん断応力パルスと、前記第1のせん断応力パルスと同等の圧力で、印加方向が逆方向となる第3のせん断応力パルスとによって形成され、

前記第1のせん断応力パルス、前記第3のせん断応力パルス、および前記第2のせん断応力パルスの順序で組み合わせられる

請求項7に記載の熱交換システム。

[請求項9]

前記開閉機構部は、

前記圧力保持部から前記第2の循環回路に合流する第1の流路に設けられた第1の弁と、

前記第2の循環回路における前記第1の流路との合流地点の上流側に設けられた第2の弁と

を有し、

前記第2の開閉機構部は、

前記第2の圧力保持部から前記第2の循環回路に合流する第2の流路に設けられた第3の弁と、

前記第2の循環回路における前記第2の流路との合流地点の下流側に設けられた第4の弁と

を有し、

前記開閉機構部は、

前記制御部の制御に基づき、前記第2の弁を閉じるとともに前記第1の弁を開き、

前記圧力保持部で加圧された前記第2の流体を前記第1のせん断応力パルスまたは前記第2のせん断応力パルスとして前記熱交換器に対

して流入させ、

前記制御部の制御に基づき、前記第 1 の弁を閉じるとともに前記第 2 の弁を開き、

前記第 2 の開閉機構部は、

前記制御部の制御に基づき、前記第 4 の弁を閉じるとともに前記第 3 の弁を開き、

前記第 2 の圧力保持部で加圧された前記第 2 の流体を前記第 3 のせん断応力パルスとして前記熱交換器に対して流入させ、

前記制御部の制御に基づき、前記第 3 の弁を閉じるとともに前記第 4 の弁を開く

請求項 8 に記載の熱交換システム。

[請求項 10]

第 1 の液体が循環する環状の第 1 の循環回路と、第 2 の液体が循環する環状の第 2 の循環回路と、前記第 1 の液体と前記第 2 の液体との間で熱交換を行う熱交換器とを備えた熱交換システムにおいて、前記熱交換器における前記第 2 の液体との接触面に析出するスケールを抑制するスケール抑制方法であって、

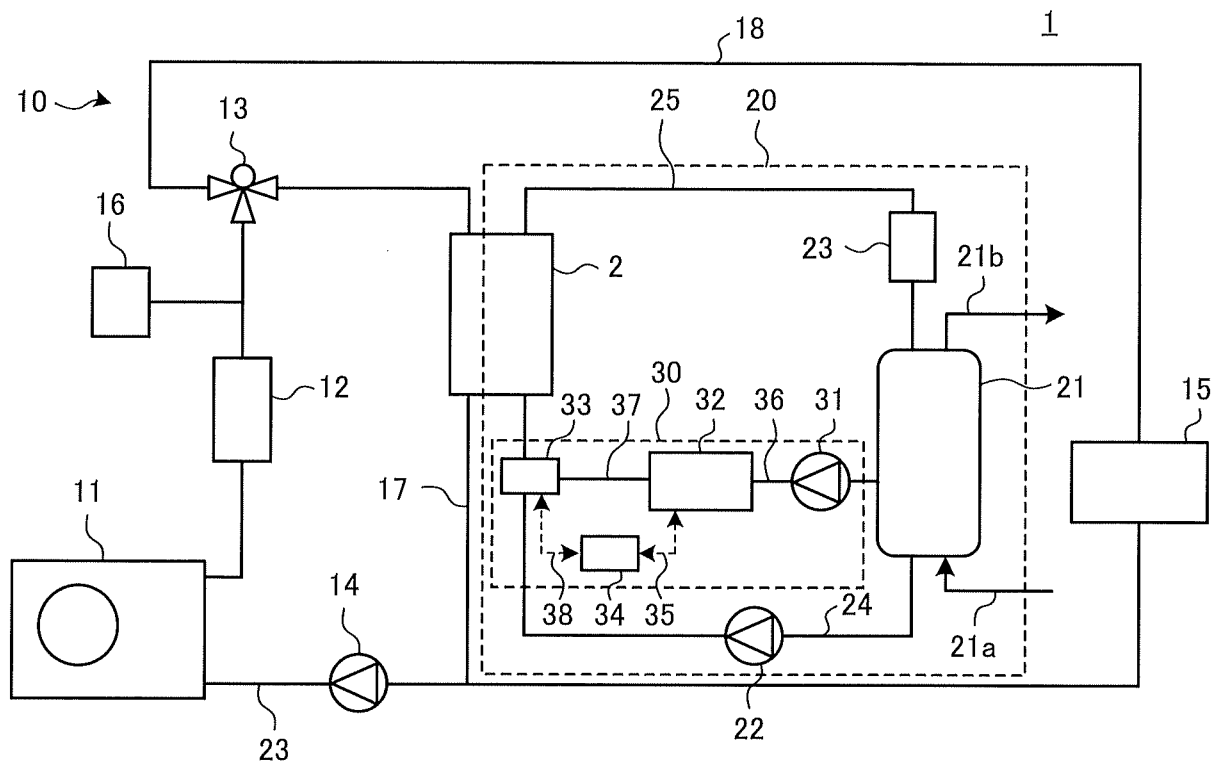
前記第 2 の液体の一部を加圧して保持するステップと、

前記熱交換器に流入する前記第 2 の液体を、前記第 2 の循環回路と前記圧力保持部との間で切り替えるステップと

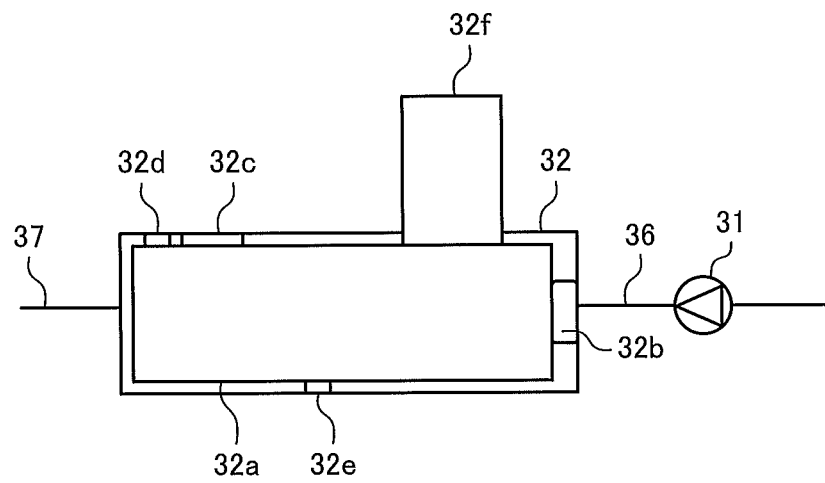
を有する

ことを特徴とするスケール抑制方法。

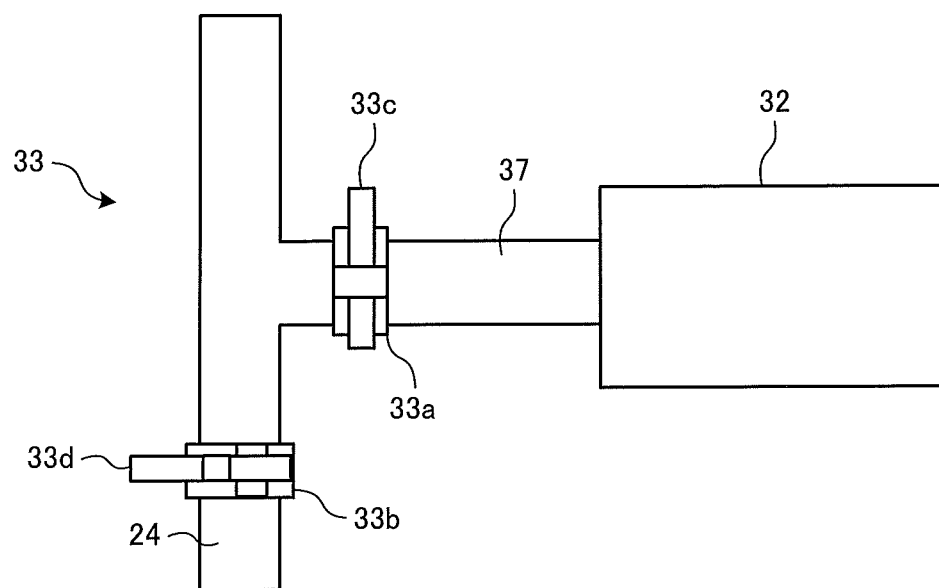
[図1]



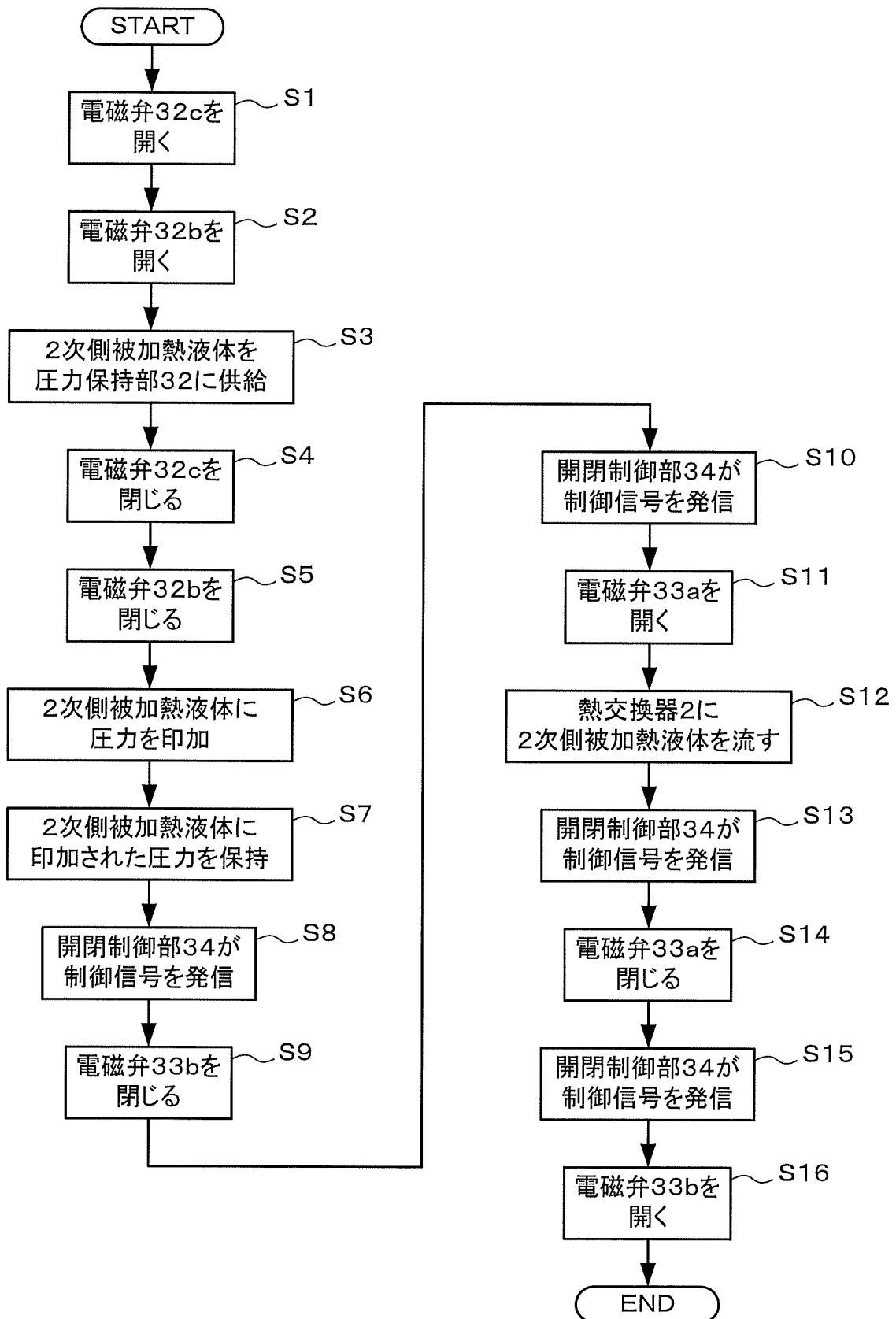
[図2]



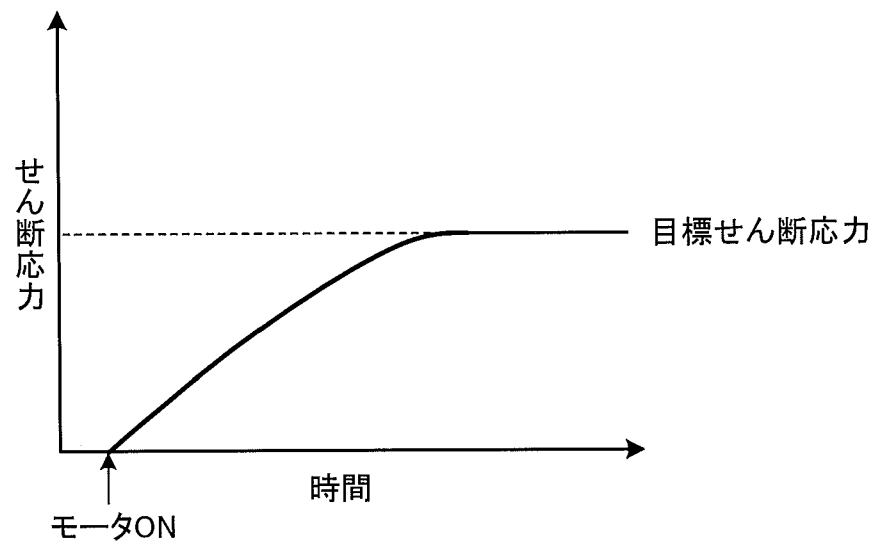
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

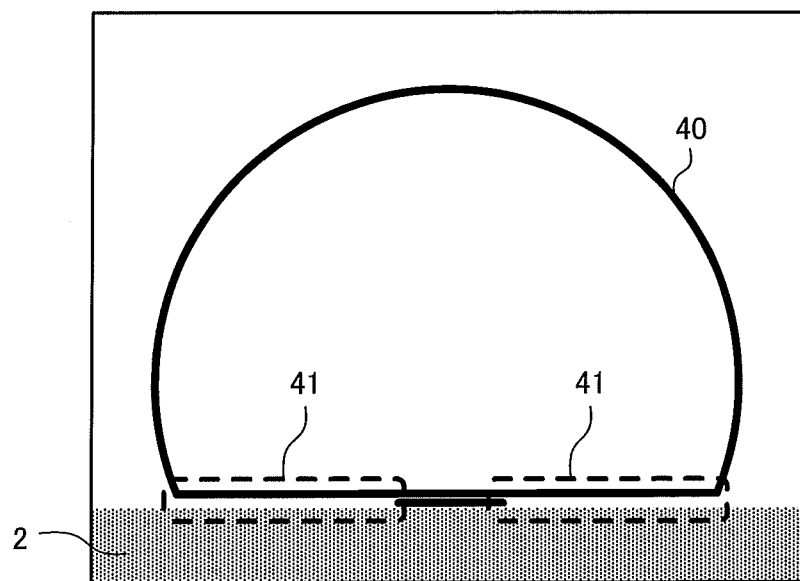
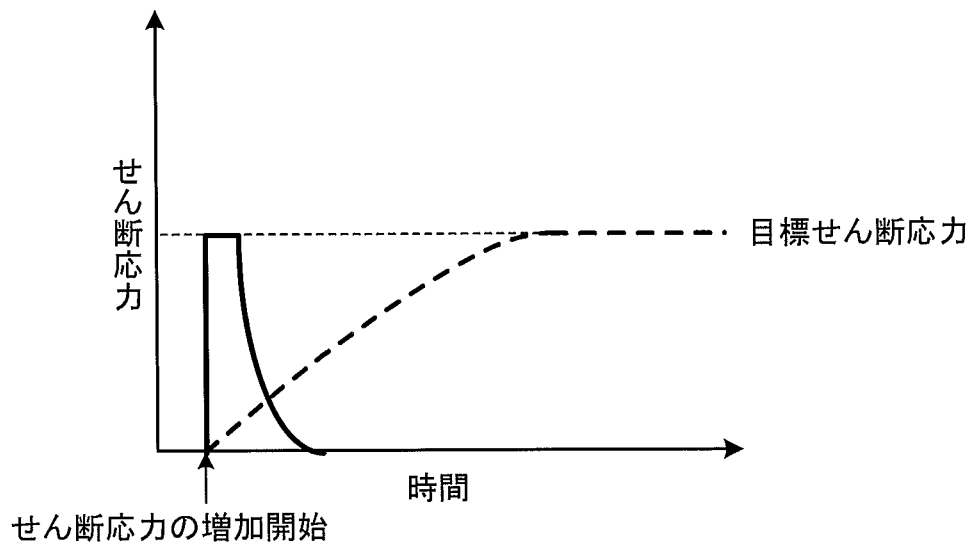
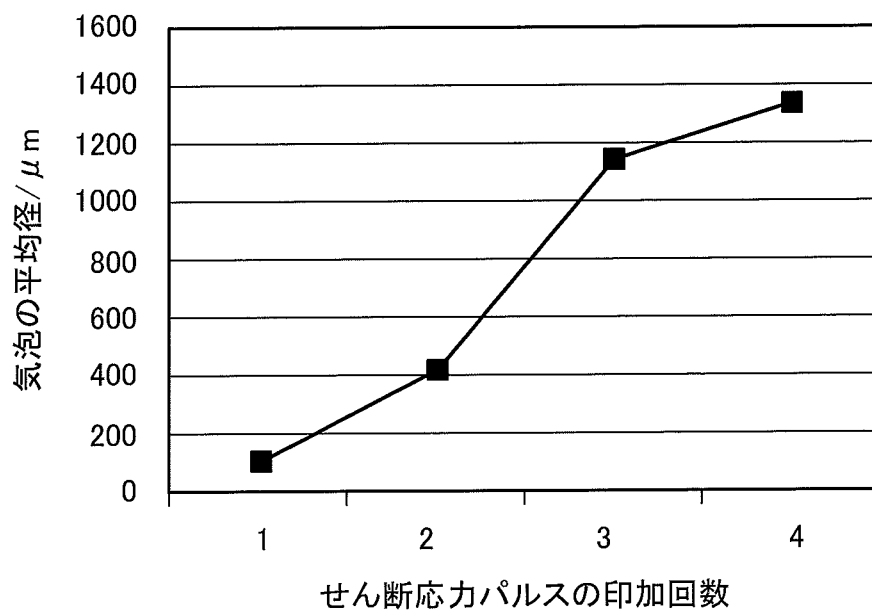


Figure 1 is a graph showing the relationship between the logarithm of bubble detachment diameter (Y-axis, labeled 気泡離脱径(μm)) and the logarithm of shear stress (X-axis, labeled せん断応力(Pa)). The Y-axis ranges from 0 to 2000 μm, and the X-axis ranges from 0 to 80 Pa. Data points are plotted for various pressures: 1Pa (filled triangle), 3.3Pa (open diamond), 10Pa (filled square), 20Pa (+), 30Pa (open triangle), 50Pa (*), 65Pa (open circle), and an average value (open triangle with a dot). A solid line represents the logarithmic fit: $y = -247.8 \ln(x) + 1077.7$.

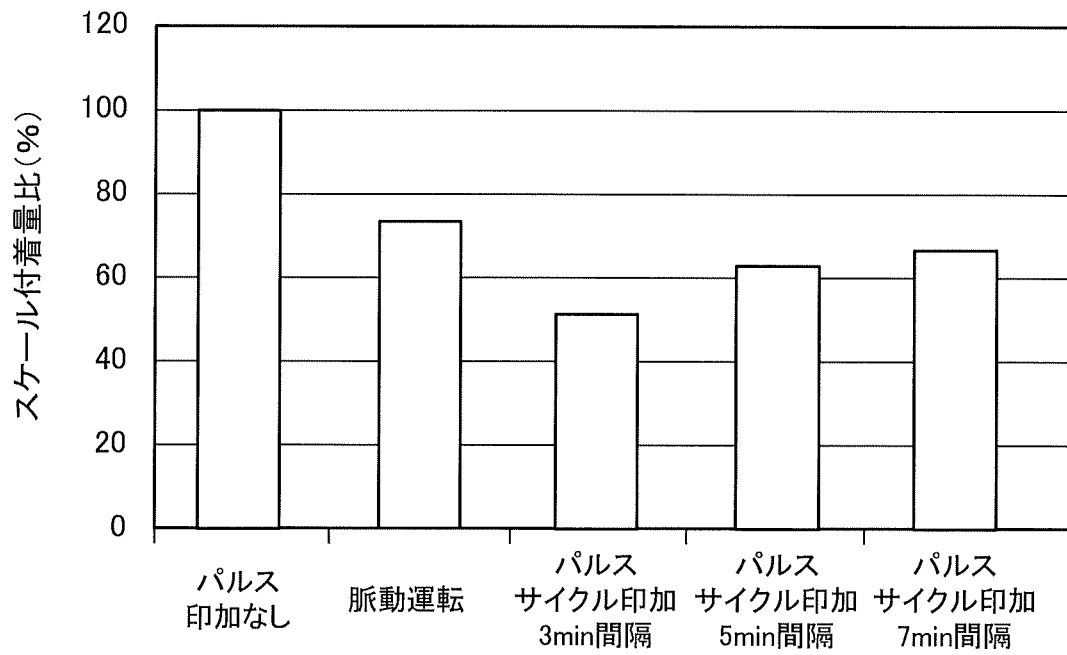
[図9]



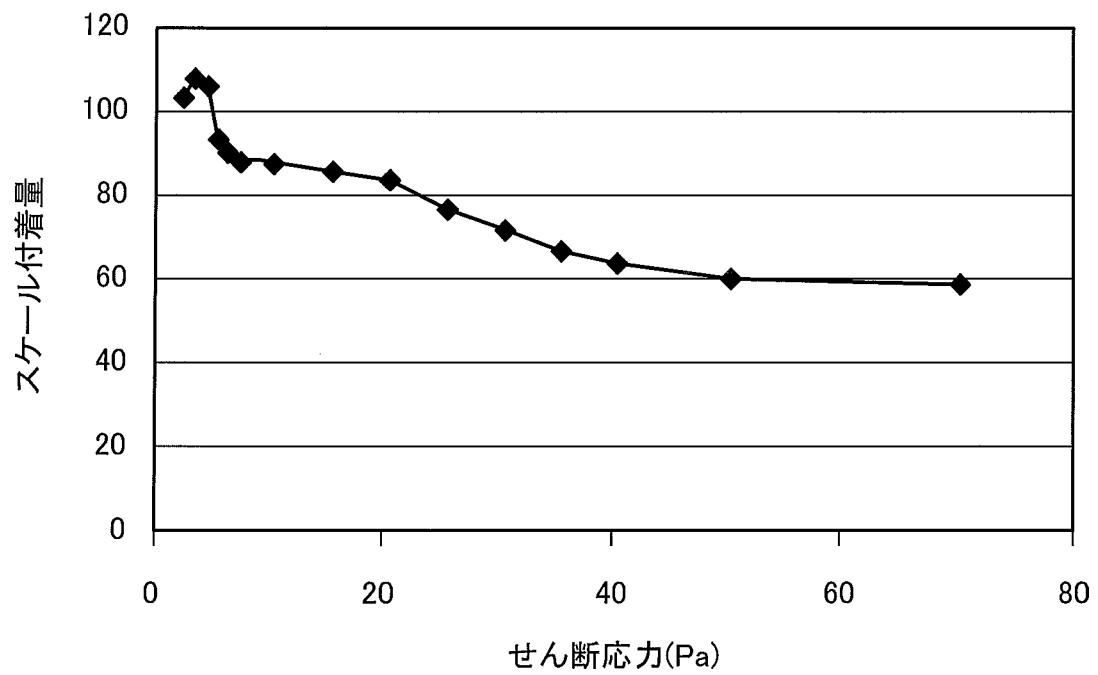
[図10]



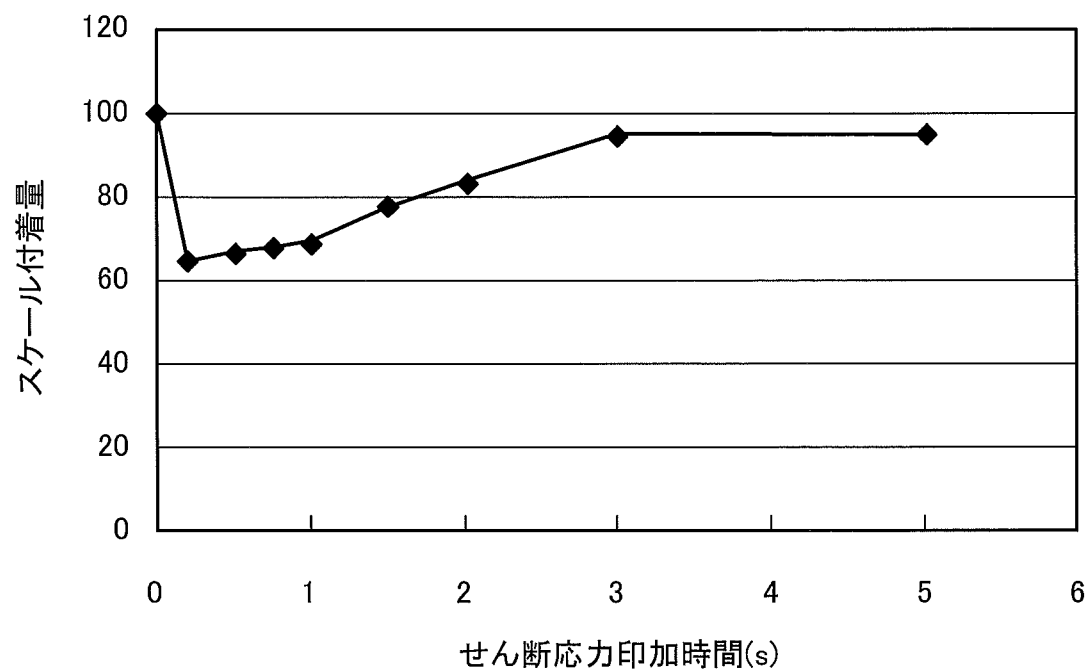
[図11]



[図12]



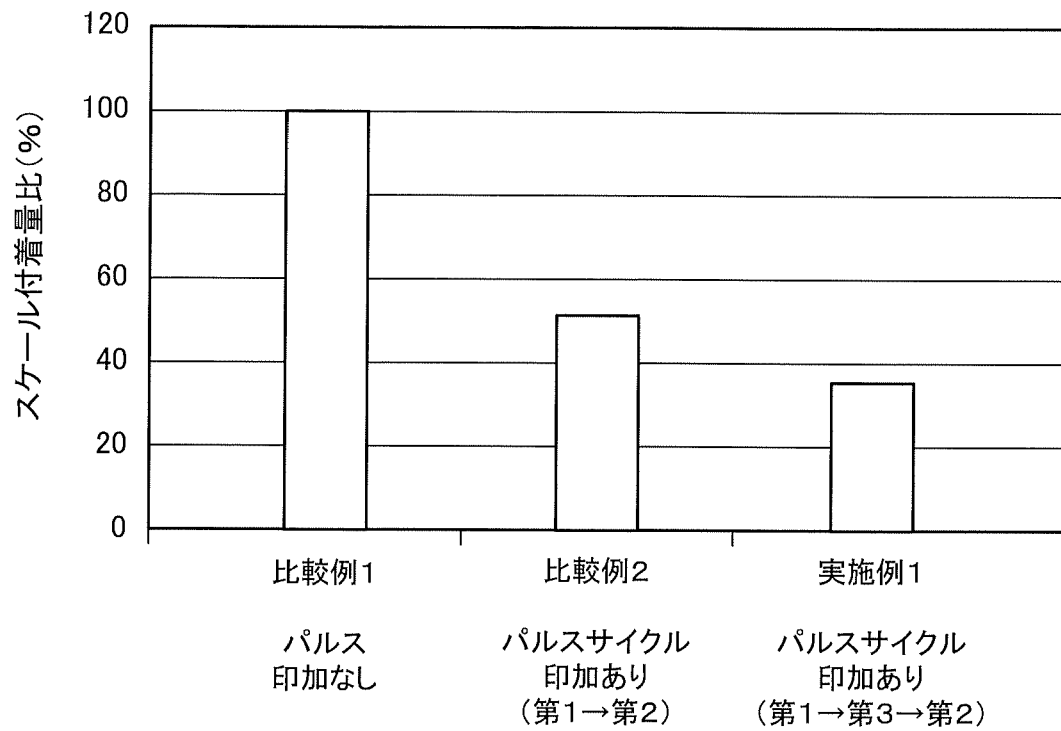
[図13]



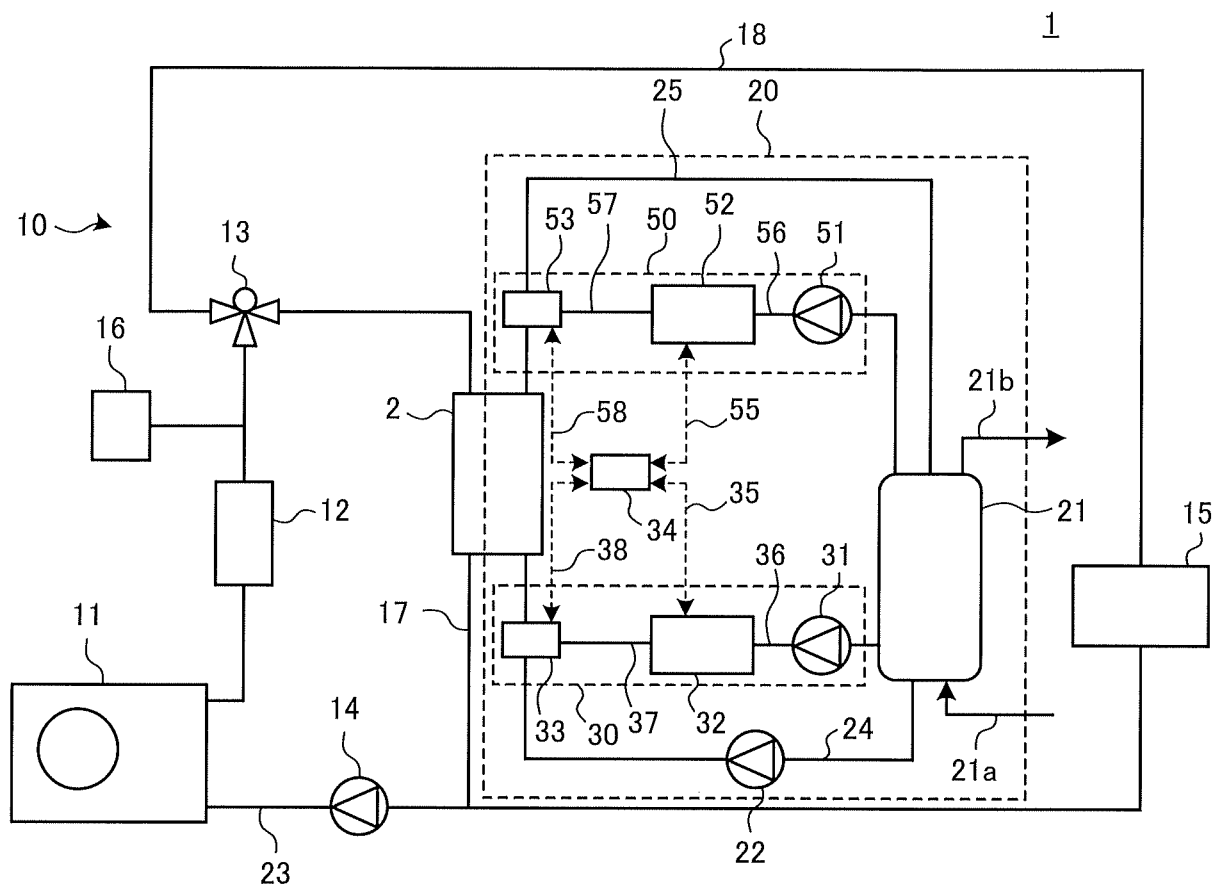
[図14]

せん断応力の比 (大:小)	印加時間				
	0.1s	0.5s	1.0s	1.5s	2.0s
30:1	—	—	—	—	—
20:1	—	—	—	—	—
15:1	—	—	—	—	+
10:1	—	—	—	—	+
5:1	—	—	—	+	+
3:1	+	+	+	+	+

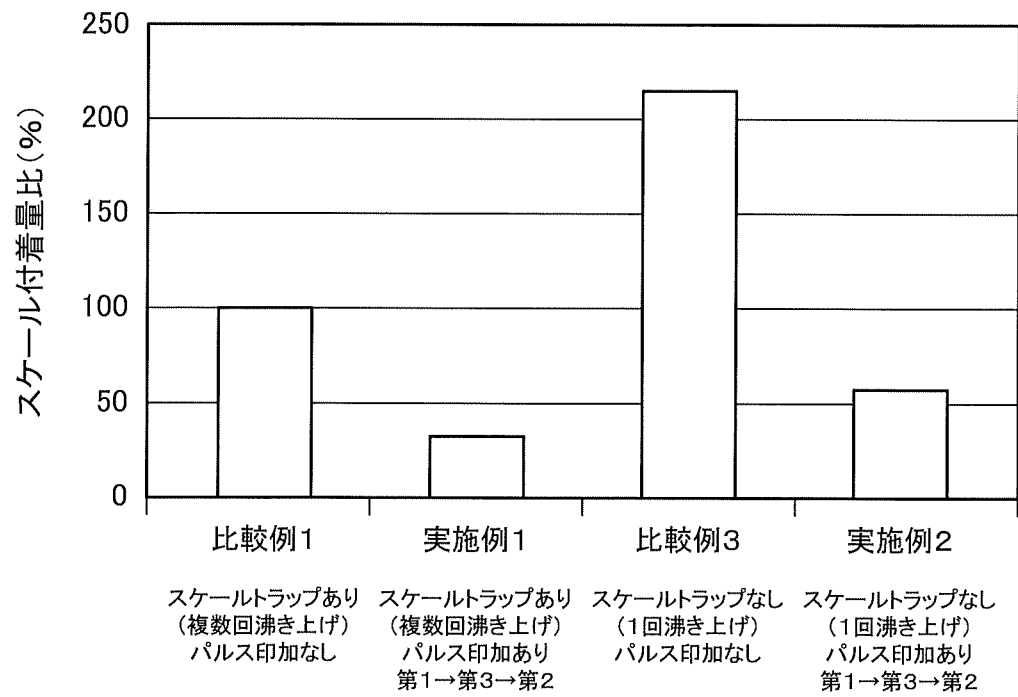
[図17]



[図18]



[図19]



A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F 2 4 H 9 / 0 0 (2 0 0 6 . 0 1) i , F 2 8 F 1 9 / 0 0 (2 0 0 6 . 0 1) i , F 2 8 G 1 3 / 0 0 (2 0 0 6 . 0 1) i , F 2 4 H 4 / 0 2 (2 0 0 6 . 0 1) n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F 2 4 H 1 / 0 0 , F 2 4 H 4 / 0 0 - 4 / 0 6 , F 2 4 H 1 / 1 8 - 1 / 2 0 , F 2 8 F 1 9 / 0 0 , F 2 8 G 7 / 0 0 - 9 / 0 0 , F 2 8 G 1 3 / 0 0 , B 0 8 B 9 / 0 3 2

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2017
Kokai	Jitsuyo	Shinan	1971-2017	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	J P 2 0 1 0 - 1 4 5 0 3 7 A (Mit sub i shi E l e c t r i c Corp .) , 0 1 July 2 0 1 0 (0 1 . 0 7 . 2 0 1 0) , paragraphs [0 0 1 0] , [0 0 6 1] t o [0 0 7 6] , [0 0 8 3] t o [0 0 8 7] ; fig . 1 , 9 (F a m i l y : none)	1 - 3 , 1 0 4 - 9
Y A	J P 2 0 1 3 - 2 5 3 7 4 5 A (Mit sub i shi E l e c t r i c Corp .) , 1 9 D e c e m b e r 2 0 1 3 (1 9 . 1 2 . 2 0 1 3) , paragraphs [0 0 1 8] , [0 0 2 9] ; fig . 1 (F a m i l y : none)	1 - 3 , 1 0 4 - 9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
0 8 February 2 0 1 7 (0 8 . 0 2 . 1 7)

Date of mailing of the international search report
2 1 February 2 0 1 7 (2 1 . 0 2 . 1 7)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3 - 4 - 3 , Kasumigas eki , Chiyoda- ku ,
Tokyo 1 0 0 - 8 9 1 5 , Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 016/ 085106

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	wo 2012/ 137281 AI (Mit sub i sh i El ectri c Corp .), 11 October 2012 (11.10.2012), paragraph [0012] ; fig . 1, 6 & US 9021993 B2 column 3, line s 25 to 49 ; fig . 1, 6 & EP 2696160 AI & AU 2011365165 A & CN 103492828 A & HK 1190183 AI	1- 3, 10 4- 9
Y A	JP 2014- 156992 A (Mit sub i sh i El ectri c Corp .), 28 Augus t 2014 (28.08.2014), paragraphs [0010] to [0019] ; fig . 1 & EP 2957839 AI paragraphs [0010] to [0019] ; fig . 1 & wo 2014/ 125678 AI	1- 3, 10 4- 9
Y A	JP 7- 53268 B2 (Sundho lm, Goeran), 07 June 1995 (07.06.1995), column 4, line 46 to column 5, line 35 ; fig . 1 & US 4874002 A column 2, line 38 to column 3, line 19 ; fig . 1 & GB 2199915 A & wo 1987/ 000455 AI & EP 267908 AI & DE 3623951 AI & BE 905120 AI & SU 1588269 A3 & FI 860340 A & NO 871142 A & AU 6137286 A & CA 1273162 A	1- 3, 10 4- 9
A	Mi cro fi lm of the spe ci fi cat ion and drawings annexed to the reque st of Japane se Utility Mode l Appli cat ion No. 26302/ 1981 (Laid-open No. 139701/ 1982) (Mit sub i sh i El ectri c Corp .), 01 September 1982 (01.09.1982), spe ci fi cat ion , page 2, line 7 to page 3, line 3 ; fig . 2 (Fami ly : none)	1- 10
A	US 2008/ 0087749 AI (RUSKIN , Rodney), 17 Apr i l 2008 (17.04.2008), paragraphs [0030] to [0037] ; fig . 1 & wo 2008/ 045974 AI	1- 10
A	JP 56- 165900 A (Shinko KAWADA), 19 December 1981 (19.12.1981), ent ire text ; all drawings (Fami ly : none)	1- 10
A	JP 2005- 221109 A (Hitachi Engineering & Servi ces Co ., Ltd .), 18 Augus t 2005 (18.08.2005), ent ire text ; all drawings (Fami ly : none)	1- 10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F24H9/00 (2006. 01) i, F28F19/00 (2006. 01) i, F28G13/00 (2006. 01) i, F24H4/02 (2006. 01) n

B. — 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F24H1/00, F24H4/00-4/06, F24H1/18-1/20, F28F19/00, F28G7/00-9/00, F28G13/00, B08B9/032

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
年

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2010-145037 A (三菱電機株式会社) 2010. 07. 01, 段落 [0010], [0061] - [0076], [0083] - [0087], 図 1, 9 (ファミリーなし)	1-3, 10 4-9
Y A	JP 2013-253745 A (三菱電機株式会社) 2013. 12. 19, 段落 [0018], [0029], 図 1 (ファミリーなし)	1-3, 10 4-9

c 欄の続きにも文献が列举されている。

「: パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- A 「特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの」
- E 「国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの」
- [「優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)」
- 0 「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」
- P 「国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- T 「国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの」
- X 「特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの」
- Y 「特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの」
- & 「同一パテントファミリー文献」

国際調査を完了した日

0 8 . 0 2 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 2 . 2 0 1 7

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

磯部 賢

3 L

9 3 3 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 3 7

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	Wo 2012/137281 A1 (三菱電機株式会社) 2012. 10. 11, 段落 [0012] , 図 1, 6 & US 9021993 B2, 第 3 ff 第 25-49 行 , 図 1, 6 & EP 2696160 A1 & AU 2011365165 A & CN 103492828 A & HK 1190183 A1	1-3, 10 4-9
Y A	JP 2014-156992 A (三菱電機株式会社) 2014. 08. 28, 段落 [0010] - [0019] , 図 1 & EP 2957839 A1, 段落 [0010] - [0019] , 図 1 & wo 2014/125678 A1	1-3, 10 4-9
Y A	JP 7-53268 B2 (スンドホルム , ゲラン) 1995. 06. 07, 第 4 欄第 46 行-第 5 欄第 35 行 , 第 1 図 & US 4874002 A, 第 2 欄第 38 行-第 3 欄第 19 行 , 図 1 & GB 2199915 A & wo 1987/000455 A1 & EP 267908 A1 & DE 3623951 A1 & BE 905120 A1 & SU 1588269 A3 & FI 860340 A & NO 871142 A & AU 6137286 A & CA 1273162 A	1-3, 10 4-9
A	日本国実用新案登録出願 56-26302 号 (日本国実用新案登録出願公開 57-139701 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイ クロフィルム (三菱電機株式会社) 1982. 09. 01, 明細書第 2 ページ第 7 行-第 3 ページ第 3 行 , 第 2 図 (フアミリーなし)	1-10
A	US 2008/0087749 A1 (RUSKIN, Rodney) 2008. 04. 17, 段落 [0030] - [0037] , 図 1 & Wo 2008/045974 A1	1-10
A	JP 56-165900 A (川田真弘) 1981. 12. 19, 全文 , 全図 (フアミリーなし)	1-10
A	JP 2005-221109 A (株式会社日立エンジニアリングサービス) 2005. 08. 18, 全文 , 全図 (フアミリーなし)	1-10