

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2025-5169
(P2025-5169A)

(43)公開日 令和7年1月16日(2025.1.16)

| | | | | |
|-------------------------|---------|-------|---------|---------------|
| (51)国際特許分類 | F I | | | |
| F 2 5 B 1/00 (2006.01) | F 2 5 B | 1/00 | 3 0 4 L | |
| B 2 3 Q 11/12 (2006.01) | F 2 5 B | 1/00 | 3 6 1 A | |
| | F 2 5 B | 1/00 | 3 9 6 D | |
| | F 2 5 B | 1/00 | 3 3 1 Z | |
| | F 2 5 B | 1/00 | 3 7 1 J | |
| 審査請求 未請求 | | 請求項の数 | 8 O L | (全22頁) 最終頁に続く |

| | | | |
|----------|-----------------------------|---------|---|
| (21)出願番号 | 特願2023-105232(P2023-105232) | (71)出願人 | 000134051 株式会社ディスコ 東京都大田区大森北二丁目13番11号 |
| (22)出願日 | 令和5年6月27日(2023.6.27) | (74)代理人 | 110003524 弁理士法人愛宕総合特許事務所 |
| | | (72)発明者 | 鈴木 秀幸 東京都大田区大森北二丁目13番11号 株式会社ディスコ内 |

(54)【発明の名称】 冷却機構

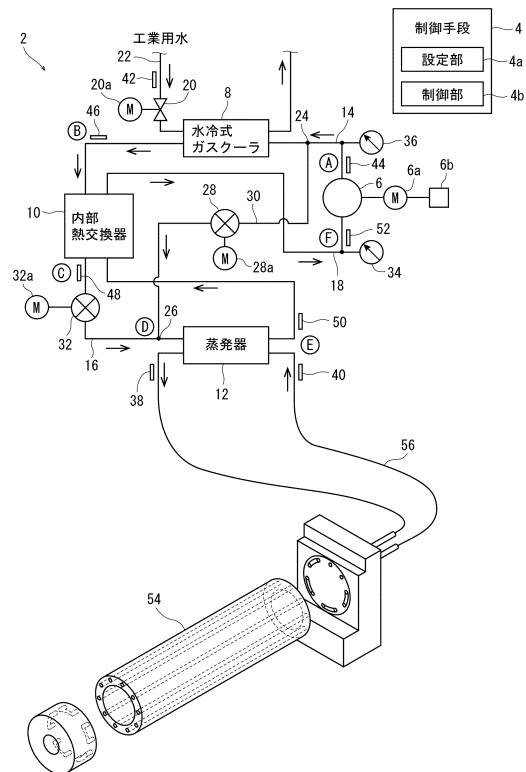
(57)【要約】

【課題】液圧縮を防止可能な冷却機構を提供する。

【解決手段】冷却機構2の制御手段4は、第一の温度センサー38または第二の温度センサー40の値が設定温度になるように、かつ、CO₂冷媒が臨界温度31.1

および臨界圧力7.38MPaで特定される臨界点を囲繞する設定圧力値と設定温度とで規定される経路にしたがうように、可変膨張弁32の開度と圧縮機6の回転数とを制御する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

加工装置で使用する加工寄与液を冷却する冷却機構であって、
 制御手段と、
 CO₂冷媒を圧縮する圧縮機と、
 該圧縮機が圧縮した圧縮熱を帯びたCO₂冷媒を冷却する水冷式ガスクーラと、
 冷却されたCO₂冷媒が送り込まれる内部熱交換器と、
 該内部熱交換器から送り出されたCO₂冷媒を気化させ気化熱を生成し加工装置で使用する加工寄与液を冷却する蒸発器と、
 該圧縮機と該水冷式ガスクーラとを連結する第一の経路と、 10
 該水冷式ガスクーラと該蒸発器とを連結する第二の経路と、
 該蒸発器と該圧縮機とを連結する第三の経路と、
 該水冷式ガスクーラに工業用水を導入し制水弁を備えた第四の経路と、
 該第一の経路に連結する第一の連結部と該第二の経路に連結する第二の連結部とによって連結され可変バイパス弁を備えたバイパス経路と、を含み、
 該内部熱交換器は、該蒸発器から送り出されたCO₂冷媒が該水冷式ガスクーラから送り出されたCO₂冷媒から熱を奪うように該第二の経路と該第三の経路とに跨り配設され、
 該第二の経路には、冷却したCO₂冷媒の流量を調整する可変膨張弁が該内部熱交換器と該第二の連結部との間に配設され、 20
 該可変膨張弁と該圧縮機との間の該第二の経路と該第三の経路とのいずれかにCO₂冷媒の圧力を計測する第一の圧力センサーが配設され、
 該圧縮機と該可変膨張弁との間の該第一の経路と該第二の経路とのいずれかに該圧縮機によって圧縮されたCO₂冷媒の圧力を計測する第二の圧力センサーが配設され、
 加工装置で使用する加工寄与液が該蒸発器から流出する温度を計測する第一の温度センサーと、
 該蒸発器に流入する加工寄与液の温度を計測する第二の温度センサーと、
 該水冷式ガスクーラに流入する工業用水の温度を計測する第三の温度センサーと、
 該圧縮機から送り出されるCO₂冷媒の温度を計測する第四の温度センサーと、 30
 該水冷式ガスクーラから送り出されるCO₂冷媒の温度を計測する第五の温度センサーと、
 該内部熱交換器から送り出されるCO₂冷媒の温度を計測する必要に応じて配設される第六の温度センサーと、
 該可変膨張弁から送り出されるCO₂冷媒の温度と同じ温度になる該蒸発器から送り出されるCO₂冷媒の温度を計測する必要に応じて配設される第七の温度センサーと、
 該圧縮機に送り込まれるCO₂冷媒の温度を計測する第八の温度センサーと、が配設され、
 該制御手段は、該第一の圧力センサーが検出すべき第一の圧力値と、該第二の圧力センサーが検出すべき第二の圧力値と、該第一の温度センサーが検出すべき第一の温度または該第二の温度センサーが検出すべき第二の温度と、該第四の温度センサーが検出すべき第四の温度と、該第五の温度センサーが検出すべき第五の温度と、該第八の温度センサーが検出すべき第八の温度と、を少なくとも設定する設定部を備え、 40
 該第一の温度センサーまたは該第二の温度センサーの値が該設定された温度になるように、CO₂冷媒が臨界温度31.1 および臨界圧力7.38 MPaで特定される臨界点を圍繞する該設定された圧力値と温度とで規定される経路にしたがって該可変膨張弁の開度と該圧縮機の回転数とを制御する冷却機構。

【請求項 2】

該制御手段は、加工装置で使用する加工寄与液の冷却量を減少させる場合、該可変膨張弁の開度を小さくして該蒸発器を流れるCO₂冷媒の流量を減少させ、それに伴って該圧縮機が下限値に達しないように該バイパス経路の該可変バイパス弁の開度を大きくして該 50

蒸発器に流れるCO₂冷媒の流量を増大させる請求項1記載の冷却機構。

【請求項3】

該制御手段は、加工装置で使用する加工寄与液の冷却量を増大させる場合、該可変膨張弁の開度を大きくするとともに該圧縮機の回転数を増大させて該蒸発器を流れるCO₂冷媒の流量を増大させ、それに伴って該蒸発器から送り出されるCO₂冷媒に残存する液状CO₂を該内部熱交換器において気化させ該圧縮機の負担を軽減する請求項1記載の冷却機構。

【請求項4】

該制御手段は、該第三の温度センサーによって検出される工業用水の温度に基づいて該制水弁の開度を調整して該水冷式ガスクーラに導入する工業用水の流量を調整し、CO₂冷媒の冷却を制御する請求項1記載の冷却機構。

10

【請求項5】

該制御手段は、該可変膨張弁の開度を小さくすることで該第二の圧力センサーの値を大きくし、該可変膨張弁の開度を大きくすることで該第二の圧力センサーの値を小さくして該設定された圧力値に調整し冷却効率（冷却能力/圧縮仕事）を制御する請求項1記載の冷却機構。

【請求項6】

該圧縮機の出口をA点、

該水冷式ガスクーラの出口をB点、

該内部熱交換器における該第二の経路の出口をC点、

該可変膨張弁の出口をD点、

該蒸発器の出口をE点、

該内部熱交換器における該第三の経路の出口をF点、

該A点における温度をTA、圧力をPA、エンタルピーをEA、

該B点における温度をTB、圧力をPB、エンタルピーをEB、

該C点における温度をTC、圧力をPC、エンタルピーをEC、

該D点における温度をTD、圧力をPD、エンタルピーをED、

該E点における温度をTE、圧力をPE、エンタルピーをEE、

該F点における温度をTF、圧力をPF、エンタルピーをEF、とした場合、

該F点から該圧縮機に送り込まれたCO₂冷媒は該圧縮機によって圧縮されて臨界点を超える該A点に至り、温度はTFからTAに、圧力はPFからPAに、エンタルピーはEFからEAにそれぞれ変化し、

30

該A点から該水冷式ガスクーラに送り込まれたCO₂冷媒は該水冷式ガスクーラによって冷却されて該B点に至り、温度はTAからTBに変化し、圧力は変化せず（PA = PB）、エンタルピーはEAからEBに変化し、TAとTBとの温度差およびEAとEBとのエンタルピー差は、該水冷式ガスクーラによって外部に捨てられ、圧力PBおよび温度TBは臨界点を超えておりCO₂冷媒の液化は生じなく、

該B点から該内部熱交換器に送り込まれたCO₂冷媒は該蒸発器から送り込まれるCO₂冷媒によって熱が奪われて該C点に至り、温度はTBからTCに変化し、圧力は変化せず（PB = PC）、エンタルピーはEBからECに変化し、温度TCは臨界点を下回りCO₂冷媒の一部は液化し、

40

該C点から該可変膨張弁に送り込まれたCO₂冷媒は該可変膨張弁によって減圧されて該D点に至り、温度はTCからTDに変化し、圧力はPCからPDに変化し、エンタルピーは変化せず（EC = ED）、CO₂冷媒は気体と液体とが混在した状態となり、

該D点から該蒸発器に送り込まれたCO₂冷媒は該蒸発器によって加工寄与液からエネルギーを奪い取り該E点に至り、温度および圧力は変化せず（TD = TE、PD = PE）、エンタルピーはEDからEEに変化し、該E点は臨界点を通る飽和蒸気線に差しかかりCO₂冷媒は気体となり、

該E点から該内部熱交換器に送り込まれたCO₂冷媒は該B点から該内部熱交換器に送り込まれたCO₂冷媒から熱を奪い液体が残存していても気体となって該F点に至り、温

50

度は T E から T F に変化し、圧力は変化せず ($P E = P F$)、エンタルピーは E E から E F に変化し、該 A 点に至り、E B と E C の差の絶対値および E E と E F との差の絶対値は等しく、

該制御手段は、

冷却効率 (冷却能力 / 圧縮仕事) = $(E D - E E) / (E F - E A)$ が最大となるように温度、圧力、エンタルピーを制御する請求項 1 から 5 までのいずれかに記載の冷却機構。

【請求項 7】

該 A 点における温度 T A は該第四の温度センサーによって検出し、

該 B 点における温度 T B は該第五の温度センサーによって検出し、

該 C 点における温度 T C は該第六の温度センサーによって検出し、

該 D 点における温度 T D は該第七の温度センサーによって検出し、

該 E 点における温度 T E は該第七の温度センサーによって検出し、

該 F 点における温度 T F は該第八の温度センサーによって検出し、

該 A 点における圧力 P A は該第二の圧力センサーによって検出し、

該 B 点における圧力 P B は該第二の圧力センサーによって検出し、

該 C 点における圧力 P C は該第二の圧力センサーによって検出し、

該 D 点における圧力 P D は該第一の圧力センサーによって検出し、

該 E 点における圧力 P E は該第一の圧力センサーによって検出し、

該 F 点における圧力 P F は該第一の圧力センサーによって検出し、

該 A 点におけるエンタルピー E A は p - h 線図に基づいて検出し、

該 B 点におけるエンタルピー E B は p - h 線図に基づいて検出し、

該 C 点におけるエンタルピー E C は p - h 線図に基づいて検出し、

該 D 点におけるエンタルピー E D は p - h 線図に基づいて検出し、

該 E 点におけるエンタルピー E E は $E F - (E B - E C)$ で算出し、

該 F 点におけるエンタルピー E F は p - h 線図に基づいて検出し、

該制御手段は、

冷却効率 (冷却能力 / 圧縮仕事) = $(E D - E E) / (E F - E A)$

の式によって冷却効率を算出する際、

$E C = E D$ と $E E = E F - (E B - E C)$ とに基づいて、

$E D - E E = E C - \{E F - (E B - E C)\} = E B - E F$ を求め、

エンタルピー E B とエンタルピー E F との差 ($E B - E F$) を増大させることにより、冷却能力および冷却効率を向上させる請求項 6 記載の冷却機構。

【請求項 8】

該第六の温度センサーおよび該第七の温度センサーを省略する請求項 1 記載の冷却機構。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加工装置で使用する加工寄与液を冷却する冷却機構に関する。

【背景技術】

【0002】

I C、L S I などの複数のデバイスが分割予定ラインによって区画され表面に形成されたウエーハは、裏面が研削装置によって研削され所定の厚みに形成された後、ダイシング装置、レーザー加工装置によって個々のデバイスチップに分割され、分割された各デバイスチップは携帯電話、パソコンなどの電気機器に利用される。

【0003】

ウエーハに加工を施している際に、研削装置またはダイシング装置を構成する加工具が装着されたスピンドルユニットが発熱して熱膨張すると、高精度な研削または切削ができなくなる。そのため、温度制御装置によって、スピンドルユニットの温度を一定するため

10

20

30

40

50

の制御が行われている（たとえば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2017 - 40396 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献 1 に記載されている温度制御装置は、CO₂ を冷媒として使用するタイプの装置であり、高い冷却効率を得ることができる。しかし、加工装置で使用する加工寄与液（切削水などの使い捨て加工水を含む）の水温を低く設定すると、圧縮機の吸入冷媒が完全に気化せず、液圧縮を生じる可能性があり、圧縮機の寿命を縮めてしまうおそれがある。

10

【0006】

本発明の課題は、液圧縮を防止可能な冷却機構を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明によれば、上記課題を解決する以下の冷却機構が提供される。すなわち、「加工装置で使用する加工寄与液を冷却する冷却機構であって、制御手段と、

20

CO₂ 冷媒を圧縮する圧縮機と、

該圧縮機が圧縮した圧縮熱を帯びた CO₂ 冷媒を冷却する水冷式ガスクーラと、

冷却された CO₂ 冷媒が送り込まれる内部熱交換器と、

該内部熱交換器から送り出された CO₂ 冷媒を気化させ気化熱を生成し加工装置で使用する加工寄与液を冷却する蒸発器と、

該圧縮機と該水冷式ガスクーラとを連結する第一の経路と、

該水冷式ガスクーラと該蒸発器とを連結する第二の経路と、

該蒸発器と該圧縮機とを連結する第三の経路と、

該水冷式ガスクーラに工業用水を導入し制水弁を備えた第四の経路と、

該第一の経路に連結する第一の連結部と該第二の経路に連結する第二の連結部とによって連結され可変バイパス弁を備えたバイパス経路と、を含み、

30

該内部熱交換器は、該蒸発器から送り出された CO₂ 冷媒が該水冷式ガスクーラから送り出された CO₂ 冷媒から熱を奪うように該第二の経路と該第三の経路とに跨り配設され、

該第二の経路には、冷却した CO₂ 冷媒の流量を調整する可変膨張弁が該内部熱交換器と該第二の連結部との間に配設され、

該可変膨張弁と該圧縮機との間の該第二の経路と該第三の経路とのいずれかに CO₂ 冷媒の圧力を計測する第一の圧力センサーが配設され、

該圧縮機と該可変膨張弁との間の該第一の経路と該第二の経路とのいずれかに該圧縮機によって圧縮された CO₂ 冷媒の圧力を計測する第二の圧力センサーが配設され、

40

加工装置で使用する加工寄与液が該蒸発器から流出する温度を計測する第一の温度センサーと、

該蒸発器に流入する加工寄与液の温度を計測する第二の温度センサーと、

該水冷式ガスクーラに流入する工業用水の温度を計測する第三の温度センサーと、

該圧縮機から送り出される CO₂ 冷媒の温度を計測する第四の温度センサーと、

該水冷式ガスクーラから送り出される CO₂ 冷媒の温度を計測する第五の温度センサーと、

該内部熱交換器から送り出される CO₂ 冷媒の温度を計測する必要に応じて配設される第六の温度センサーと、

該可変膨張弁から送り出される CO₂ 冷媒の温度と同じ温度になる該蒸発器から送り出

50

されるCO₂冷媒の温度を計測する必要に応じて配設される第七の温度センサーと、
該圧縮機に送り込まれるCO₂冷媒の温度を計測する第八の温度センサーと、が配設され、

該制御手段は、該第一の圧力センサーが検出すべき第一の圧力値と、該第二の圧力センサーが検出すべき第二の圧力値と、該第一の温度センサーが検出すべき第一の温度または該第二の温度センサーが検出すべき第二の温度と、該第四の温度センサーが検出すべき第四の温度と、該第五の温度センサーが検出すべき第五の温度と、該第八の温度センサーが検出すべき第八の温度と、を少なくとも設定する設定部を備え、

該第一の温度センサーまたは該第二の温度センサーの値が該設定された温度になるように、CO₂冷媒が臨界温度31.1 および臨界圧力7.38 MPaで特定される臨界点を圍繞する該設定された圧力値と温度とで規定される経路にしたがって該可変膨張弁の開度と該圧縮機の回転数とを制御する冷却機構」が提供される。

【0008】

好ましくは、該制御手段は、加工装置で使用する加工寄与液の冷却量を減少させる場合、該可変膨張弁の開度を小さくして該蒸発器を流れるCO₂冷媒の流量を減少させ、それに伴って該圧縮機が下限値に達しないように該バイパス経路の該可変バイパス弁の開度を大きくして該蒸発器に流れるCO₂冷媒の流量を増大させる。

【0009】

該制御手段は、加工装置で使用する加工寄与液の冷却量を増大させる場合、該可変膨張弁の開度を大きくするとともに該圧縮機の回転数を増大させて該蒸発器を流れるCO₂冷媒の流量を増大させ、それに伴って該蒸発器から送り出されるCO₂冷媒に残存する液状CO₂を該内部熱交換器において気化させ該圧縮機の負担を軽減するのが望ましい。

【0010】

該制御手段は、該第三の温度センサーによって検出される工業用水の温度に基づいて該制水弁の開度を調整して該水冷式ガスクーラに導入する工業用水の流量を調整し、CO₂冷媒の冷却を制御するのが好適である。

【0011】

該制御手段は、該可変膨張弁の開度を小さくすることで該第二の圧力センサーの値を大きくし、該可変膨張弁の開度を大きくすることで該第二の圧力センサーの値を小さくして該設定された圧力値に調整し冷却効率（冷却能力/圧縮仕事）を制御するのがよい。

【0012】

該圧縮機の出口をA点、

該水冷式ガスクーラの出口をB点、

該内部熱交換器における該第二の経路の出口をC点、

該可変膨張弁の出口をD点、

該蒸発器の出口をE点、

該内部熱交換器における該第三の経路の出口をF点、

該A点における温度をTA、圧力をPA、エンタルピーをEA、

該B点における温度をTB、圧力をPB、エンタルピーをEB、

該C点における温度をTC、圧力をPC、エンタルピーをEC、

該D点における温度をTD、圧力をPD、エンタルピーをED、

該E点における温度をTE、圧力をPE、エンタルピーをEE、

該F点における温度をTF、圧力をPF、エンタルピーをEF、とした場合、

該F点から該圧縮機に送り込まれたCO₂冷媒は該圧縮機によって圧縮されて臨界点を超える該A点に至り、温度はTFからTAに、圧力はPFからPAに、エンタルピーはEFからEAにそれぞれ変化し、

該A点から該水冷式ガスクーラに送り込まれたCO₂冷媒は該水冷式ガスクーラによって冷却されて該B点に至り、温度はTAからTBに変化し、圧力は変化せず（PA = PB）、エンタルピーはEAからEBに変化し、TAとTBとの温度差およびEAとEBとのエンタルピー差は、該水冷式ガスクーラによって外部に捨てられ、圧力PBおよび温度T

10

20

30

40

50

Bは臨界点を超過しておりCO₂冷媒の液化は生じなく、

該B点から該内部熱交換器に送り込まれたCO₂冷媒は該蒸発器から送り込まれるCO₂冷媒によって熱が奪われて該C点に至り、温度はTBからTCに変化し、圧力は変化せず(PB = PC)、エンタルピーはEBからECに変化し、温度TCは臨界点を下回りCO₂冷媒の一部は液化し、

該C点から該可変膨張弁に送り込まれたCO₂冷媒は該可変膨張弁によって減圧されて該D点に至り、温度はTCからTDに変化し、圧力はPCからPDに変化し、エンタルピーは変化せず(EC = ED)、CO₂冷媒は気体と液体とが混在した状態となり、

該D点から該蒸発器に送り込まれたCO₂冷媒は該蒸発器によって加工寄与液からエネルギーを奪い取り該E点に至り、温度および圧力は変化せず(TD = TE、PD = PE)、エンタルピーはEDからEEに変化し、該E点は臨界点を通る飽和蒸気線に差しかかりCO₂冷媒は気体となり、

該E点から該内部熱交換器に送り込まれたCO₂冷媒は該B点から該内部熱交換器に送り込まれたCO₂冷媒から熱を奪い液体が残存していても気体となって該F点に至り、温度はTEからTFに変化し、圧力は変化せず(PE = PF)、エンタルピーはEEからEFに変化し、該A点に至り、EBとECの差の絶対値およびEEとEFとの差の絶対値は等しく、

該制御手段は、

冷却効率(冷却能力/圧縮仕事) = (ED - EE) / (EF - EA)が最大となるように温度、圧力、エンタルピーを制御することができる。

【0013】

該A点における温度TAは該第四の温度センサーによって検出し、

該B点における温度TBは該第五の温度センサーによって検出し、

該C点における温度TCは該第六の温度センサーによって検出し、

該D点における温度TDは該第七の温度センサーによって検出し、

該E点における温度TEは該第七の温度センサーによって検出し、

該F点における温度TFは該第八の温度センサーによって検出し、

該A点における圧力PAは該第二の圧力センサーによって検出し、

該B点における圧力PBは該第二の圧力センサーによって検出し、

該C点における圧力PCは該第二の圧力センサーによって検出し、

該D点における圧力PDは該第一の圧力センサーによって検出し、

該E点における圧力PEは該第一の圧力センサーによって検出し、

該F点における圧力PFは該第一の圧力センサーによって検出し、

該A点におけるエンタルピーEAはp-h線図に基づいて検出し、

該B点におけるエンタルピーEBはp-h線図に基づいて検出し、

該C点におけるエンタルピーECはp-h線図に基づいて検出し、

該D点におけるエンタルピーEDはp-h線図に基づいて検出し、

該E点におけるエンタルピーEEはEF - (EB - EC)で算出し、

該F点におけるエンタルピーEFはp-h線図に基づいて検出し、

該制御手段は、

冷却効率(冷却能力/圧縮仕事) = (ED - EE) / (EF - EA)

の式によって冷却効率を算出する際、

EC = EDとEE = EF - (EB - EC)とに基づいて、

ED - EE = EC - {EF - (EB - EC)} = EB - EFを求め、

エンタルピーEBとエンタルピーEFとの差(EB - EF)を増大させることにより、冷却能力および冷却効率を向上させるのが好都合である。

【0014】

該第六の温度センサーおよび該第七の温度センサーを省略してもよい。

【発明の効果】

【0015】

10

20

30

40

50

本発明の冷却機構は、
 制御手段と、
 CO₂冷媒を圧縮する圧縮機と、
 該圧縮機が圧縮した圧縮熱を帯びたCO₂冷媒を冷却する水冷式ガスクーラと、
 冷却されたCO₂冷媒が送り込まれる内部熱交換器と、
 該内部熱交換器から送り出されたCO₂冷媒を気化させ気化熱を生成し加工装置で使用
 する加工寄与液を冷却する蒸発器と、
 該圧縮機と該水冷式ガスクーラとを連結する第一の経路と、
 該水冷式ガスクーラと該蒸発器とを連結する第二の経路と、
 該蒸発器と該圧縮機とを連結する第三の経路と、
 該水冷式ガスクーラに工業用水を導入し制水弁を備えた第四の経路と、
 該第一の経路に連結する第一の連結部と該第二の経路に連結する第二の連結部とによ
 って連結され可変バイパス弁を備えたバイパス経路と、を含み、
 該内部熱交換器は、該蒸発器から送り出されたCO₂冷媒が該水冷式ガスクーラから送
 り出されたCO₂冷媒から熱を奪うように該第二の経路と該第三の経路とに跨り配設され

10

、
 該第二の経路には、冷却したCO₂冷媒の流量を調整する可変膨張弁が該内部熱交換器
 と該第二の連結部との間に配設され、
 該可変膨張弁と該圧縮機との間の該第二の経路と該第三の経路とのいずれかにCO₂冷
 媒の圧力を計測する第一の圧力センサーが配設され、
 該圧縮機と該可変膨張弁との間の該第一の経路と該第二の経路とのいずれかに該圧縮機
 によって圧縮されたCO₂冷媒の圧力を計測する第二の圧力センサーが配設され、
 加工装置で使用する加工寄与液が該蒸発器から流出する温度を計測する第一の温度セン
 サーと、
 該蒸発器に流入する加工寄与液の温度を計測する第二の温度センサーと、
 該水冷式ガスクーラに流入する工業用水の温度を計測する第三の温度センサーと、
 該圧縮機から送り出されるCO₂冷媒の温度を計測する第四の温度センサーと、
 該水冷式ガスクーラから送り出されるCO₂冷媒の温度を計測する第五の温度センサー

20

と、
 該内部熱交換器から送り出されるCO₂冷媒の温度を計測する必要に応じて配設される
 第六の温度センサーと、
 該可変膨張弁から送り出されるCO₂冷媒の温度と同じ温度になる該蒸発器から送り出
 されるCO₂冷媒の温度を計測する必要に応じて配設される第七の温度センサーと、
 該圧縮機に送り込まれるCO₂冷媒の温度を計測する第八の温度センサーと、が配設さ
 れ、

30

該制御手段は、該第一の圧力センサーが検出すべき第一の圧力値と、該第二の圧力セン
 サーが検出すべき第二の圧力値と、該第一の温度センサーが検出すべき第一の温度または
 該第二の温度センサーが検出すべき第二の温度と、該第四の温度センサーが検出すべき第
 四の温度と、該第五の温度センサーが検出すべき第五の温度と、該第八の温度センサーが
 検出すべき第八の温度と、を少なくとも設定する設定部を備え、

40

該第一の温度センサーまたは該第二の温度センサーの値が該設定された温度になるよう
 に、CO₂冷媒が臨界温度31.1 および臨界圧力7.38MPaで特定される臨界点
 を囲繞する該設定された圧力値と温度とで規定される経路にしたがって該可変膨張弁の開
 度と該圧縮機の回転数とを制御するので、液圧縮を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明に係る冷却機構の回路図。

【図2】CO₂のp-h線図。

【図3】図1に示す冷却機構の配置の一例を示す模式図。

【図4】作動再開時の圧縮機の速度の一例を示すグラフ。

50

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明に係る冷却機構の好適実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0018】

(冷却機構2)

図1には、加工装置で使用する加工寄与液をCO₂冷媒によって冷却するための冷却機構2が示されている。冷却機構2は、制御手段4と、圧縮機6と、水冷式ガスクーラ8と、内部熱交換器10と、蒸発器12とを含む。

【0019】

(制御手段4)

制御手段4は、プロセッサおよびメモリを有するコンピュータから構成されている。本実施形態の制御手段4は、設定部4aと、制御部4bとを備える。設定部4aは、オペレータによって入力された指示(たとえば、加工装置で使用する加工寄与液の温度)に基づいて、CO₂冷媒の圧力・温度を設定する。制御部4bは、実際の加工寄与液の温度が設定温度(オペレータによって入力された温度)となるように、可変膨張弁32の開度や圧縮機6の回転数などを制御する。制御部4bによる制御内容については、後で詳しく説明する。

【0020】

(圧縮機6)

圧縮機6は、冷却機構2を循環するCO₂冷媒を圧縮する。図1に示すとおり、圧縮機6を駆動するモータ6aには、インバータ6bが設けられている。インバータ6bは、モータ6aに供給される電力の周波数を所定範囲(たとえば、20Hz~120Hz)で変更する。これによって、モータ6aの回転数が変更されるとともに、圧縮機6の回転数が許容回転数の範囲(下限値と上限値との間)で変更される。なお、インバータ6bは、制御手段4に電氣的に接続されており、制御手段4の制御部4bによって制御される。

【0021】

(水冷式ガスクーラ8)

水冷式ガスクーラ8は、圧縮機6が圧縮した圧縮熱を帯びたCO₂冷媒を冷却する。図1に示すように、水冷式ガスクーラ8には、CO₂冷媒を冷却するための工業用水が導入される。図3に示すとおり、水冷式ガスクーラ8の内部には、CO₂冷媒が流れる冷媒通路8aと、工業用水が流れる水路8bとが形成されている。そして、水冷式ガスクーラ8においては、冷媒通路8a内のCO₂冷媒と、水路8b内の工業用水との間で熱交換をさせることにより、工業用水によってCO₂冷媒を冷却する。

【0022】

(内部熱交換器10)

内部熱交換器10には、水冷式ガスクーラ8によって冷却されたCO₂冷媒が送り込まれる。図3に示すとおり、内部熱交換器10には、水冷式ガスクーラ8によって冷却されたCO₂冷媒が通る第一の通路10aと、蒸発器12において加工寄与液を冷却した後のCO₂冷媒が通る第二の通路10bとが形成されている。そして、内部熱交換器10においては、第一の通路10a内のCO₂冷媒と、第二の通路10b内のCO₂冷媒との間で熱交換が行われる。これによって、蒸発器12から送り出された第二の通路10b内のCO₂冷媒が、水冷式ガスクーラ8から送り出された第一の通路10a内のCO₂冷媒から熱を奪うようになっている。これにより、液体が残るCO₂冷媒が全部気体となる(詳細は後述する)。

【0023】

(蒸発器12)

蒸発器12は、内部熱交換器10から送り出されたCO₂冷媒を気化させて気化熱を生成し、生成した気化熱によって、加工装置で使用する加工寄与液を冷却する。図3に示すとおり、蒸発器12の内部には、CO₂冷媒が流れる冷媒通路12aと、加工寄与液が流れる加工寄与液通路12bとが設けられている。そして、蒸発器12においては、冷媒通

10

20

30

40

50

路 1 2 a 内の C O₂ 冷媒と、加工寄与液通路 1 2 b 内の加工寄与液との間で熱交換をさせることにより、C O₂ 冷媒の気化熱によって加工寄与液を冷却する。

【 0 0 2 4 】

(第一～第四の経路 1 4、1 6、1 8、2 2、バイパス経路 3 0)

図 1 を参照して説明を続けると、冷却機構 2 は、さらに、圧縮機 6 と水冷式ガスクーラ 8 とを連結する第一の経路 1 4 と、水冷式ガスクーラ 8 と蒸発器 1 2 とを連結する第二の経路 1 6 と、蒸発器 1 2 と圧縮機 6 とを連結する第三の経路 1 8 と、水冷式ガスクーラ 8 に工業用水を導入し制水弁 2 0 を備えた第四の経路 2 2 と、第一の経路 1 4 に連結する第一の連結部 2 4 と第二の経路 1 6 に連結する第二の連結部 2 6 とによって連結され、可変バイパス弁 2 8 を備えたバイパス経路 3 0 とを含む。第二の経路 1 6 には、冷却した C O₂ 冷媒の流量を調整する可変膨張弁 3 2 が、内部熱交換器 1 0 と第二の連結部 2 6 との間に配設されている。また、第二の経路 1 6 と第三の経路 1 8 とに跨って内部熱交換器 1 0 が配設されている。

10

【 0 0 2 5 】

(制水弁 2 0、可変バイパス弁 2 8、可変膨張弁 3 2)

図 1 に示すように、制水弁 2 0、可変バイパス弁 2 8 および可変膨張弁 3 2 のそれぞれには、開度を調整するためのモータ 2 0 a、2 8 a、3 2 a が設けられている。モータ 2 0 a、2 8 a、3 2 a は、いずれも制御手段 4 に電氣的に接続されている。そして、制水弁 2 0、可変バイパス弁 2 8 および可変膨張弁 3 2 のそれぞれの開度は、制御手段 4 の制御部 4 b からの指示に基づき、モータ 2 0 a、2 8 a、3 2 a によって調整される。

20

【 0 0 2 6 】

冷却機構 2 の C O₂ 冷媒は、第一～第三の経路 1 4、1 6、1 8 を順に通じ、圧縮機 6、水冷式ガスクーラ 8、内部熱交換器 1 0、蒸発器 1 2、内部熱交換器 1 0 の順に循環する。すなわち、本実施形態では、圧縮機 6 から送り出された C O₂ 冷媒が、再び圧縮機 6 に戻るまでの間に、内部熱交換器 1 0 を原則として 2 回通過する。具体的には、水冷式ガスクーラ 8 を出た C O₂ 冷媒が内部熱交換器 1 0 を通り、次いで、蒸発器 1 2 を通過した後、再び内部熱交換器 1 0 を通るようになっている。

【 0 0 2 7 】

ただし、可変バイパス弁 2 8 が開いた場合には、圧縮機 6 によって圧縮された C O₂ 冷媒の一部が、水冷式ガスクーラ 8 および内部熱交換器 1 0 を通らずに、バイパス経路 3 0 を通って蒸発器 1 2 へと送られる。

30

【 0 0 2 8 】

(圧力センサー)

冷却機構 2 には、C O₂ 冷媒の圧力を計測するセンサーとして、第一・第二の圧力センサー 3 4、3 6 が配設されている。第一・第二の圧力センサー 3 4、3 6 で計測された値は、制御手段 4 に送られる。

【 0 0 2 9 】

(第一の圧力センサー 3 4)

第一の圧力センサー 3 4 は、可変膨張弁 3 2 によって膨張された C O₂ 冷媒の圧力を計測する。第一の圧力センサー 3 4 は、可変膨張弁 3 2 と圧縮機 6 との間の、第二の経路 1 6 と第三の経路 1 8 とのいずれかに配設され得る。本実施形態では、第三の経路 1 8 において、内部熱交換器 1 0 と圧縮機 6 との間に第一の圧力センサー 3 4 が配設されている。

40

【 0 0 3 0 】

(第二の圧力センサー 3 6)

第二の圧力センサー 3 6 は、圧縮機 6 によって圧縮された C O₂ 冷媒の圧力を計測する。第二の圧力センサー 3 6 は、圧縮機 6 と可変膨張弁 3 2 との間の、第一の経路 1 4 と第二の経路 1 6 とのいずれかに配設され得る。本実施形態では、第一の経路 1 4 において、圧縮機 6 と水冷式ガスクーラ 8 との間に第二の圧力センサー 3 6 が配設されている。

【 0 0 3 1 】

(温度センサー)

50

冷却機構 2 には、加工寄与液と、工業用水と、CO₂冷媒とのそれぞれの温度を計測するための複数の温度センサーが配設されている。各温度センサーで計測された値は、いずれも制御手段 4 に送られる。

【0032】

(加工寄与液の温度を計測するセンサー)

加工寄与液の温度を計測するためのセンサーとして、第一・第二の温度センサー 38、40 が配設されている。第一の温度センサー 38 は、蒸発器 12 から流出する加工寄与液の温度を計測する。一方、第二の温度センサー 40 は、蒸発器 12 に流入する加工寄与液の温度を計測する。

【0033】

(工業用水の温度を計測するセンサー)

工業用水の温度を計測するためのセンサーとして、第三の温度センサー 42 が配設されている。第三の温度センサー 42 は、水冷式ガスクーラ 8 に流入する工業用水の温度を計測する。

【0034】

(CO₂冷媒の温度を計測するセンサー)

CO₂冷媒の温度を計測するセンサーとして、第四～第八の温度センサー 44、46、48、50、52 が配設されている。第四の温度センサー 44 は、圧縮機 6 から送り出される CO₂冷媒の温度を計測する。第五の温度センサー 46 は、水冷式ガスクーラ 8 から送り出される CO₂冷媒の温度を計測する。第六の温度センサー 48 は、内部熱交換器 10 から送り出される CO₂冷媒 (可変膨張弁 32 を介して蒸発器 12 に送られる CO₂冷媒) の温度を計測する。第七の温度センサー 50 は、蒸発器 12 から送り出される CO₂冷媒の温度 (可変膨張弁 32 から送り出される CO₂冷媒の温度と同じ温度) を計測する。そして、第八の温度センサー 52 は、圧縮機 6 に送り込まれる CO₂冷媒の温度を計測する。なお、第六・第七の温度センサー 48、50 は、省略可能であり、配設されていなくてもよい。

【0035】

(加工寄与液)

冷却機構 2 によって冷却される加工寄与液は、たとえば、半導体ウエーハを切削するダイシング装置 (図示していない。) で使用される。ダイシング装置は、半導体ウエーハを切削するための切削手段を備えている。図 1 には、切削手段のスピンドルを回転可能に収容するスピンドルハウジング 54 の分解斜視図が示されており、スピンドルハウジング 54 は、管路 56 によって蒸発器 12 に連結されている。そして、管路 56 を介して、スピンドルハウジング 54 と蒸発器 12 との間を加工寄与液が循環するようになっている。

【0036】

ただし、冷却機構 2 によって冷却される加工寄与液が使用される加工装置は、ダイシング装置に限定されず、半導体ウエーハを研削して薄化するための研削装置など様々な加工装置が対象となり得る。なお、加工寄与液には、加工装置で循環する循環液のほか、切削水のように加工水として使用され捨てられる流体も含まれる。

【0037】

(冷却機構 2 の作動)

ここからは、上述した冷却機構 2 の作動について説明する。はじめに、基本的な冷却機構 2 の作動を説明し、次に、冷却機構 2 の冷却能力・冷却効率を高める作動を説明し、そして、加工寄与液の冷却量を増減させる場合の作動について説明する。

【0038】

(基本的な作動)

まず、冷却機構 2 においては、オペレータによって制御手段 4 に作動指示が入力されると、入力された作動指示に応じて、制御手段 4 の設定部 4a が、各センサーで検出すべき値 (設定値) を設定する。具体的には、加工寄与液の設定温度と、CO₂冷媒の設定圧力・設定温度を設定部 4a が設定する。加工寄与液の設定温度は、オペレータによって入力

10

20

30

40

50

された温度である。CO₂冷媒の設定圧力・設定温度は、加工寄与液の設定温度に基づいて、制御手段4によって決定される。

【0039】

(加工寄与液の設定温度：第一・第二の温度)

まず、設定部4aは、加工寄与液の設定温度として、第一の温度センサー38が検出すべき第一の温度または第二の温度センサー40が検出すべき第二の温度を設定する。第一の温度は、蒸発器12から流出する加工寄与液の設定温度である。一方、第二の温度は、蒸発器12に流入する加工寄与液の設定温度である。なお、たとえば、第一の温度は23、第二の温度は25に設定され得る。

【0040】

(CO₂冷媒の設定圧力：第一・第二の圧力値)

また、設定部4aは、CO₂冷媒の設定圧力として、第一の圧力センサー34が検出すべき第一の圧力値と、第二の圧力センサー36が検出すべき第二の圧力値と、を設定する。第一の圧力値は、可変膨張弁32によって膨張されたCO₂冷媒の設定圧力である。第一の圧力値は、たとえば4MPa(絶対圧)程度でよい。一方、第二の圧力値は、圧縮機6によって圧縮されたCO₂冷媒の設定圧力である。第二の圧力値は、圧縮後のCO₂冷媒の圧力であるから、圧縮前のCO₂冷媒の設定圧力(第一の圧力値)よりも大きい値に設定される。具体的には、第二の圧力値は10MPa(絶対圧)程度でよい。

【0041】

(CO₂冷媒の設定温度：第四・第五・第八の温度)

さらに、設定部4aは、CO₂冷媒の設定温度として、第四の温度センサー44が検出すべき第四の温度と、第五の温度センサー46が検出すべき第五の温度と、第八の温度センサー52が検出すべき第八の温度と、を設定する。第四の温度は、圧縮機6から送り出されるCO₂冷媒の設定温度である。第四の温度は、たとえば100である。第五の温度は、水冷式ガスクーラ8から送り出されるCO₂冷媒の設定温度である。第五の温度は、たとえば31に設定され得る。第八の温度は、圧縮機6に送り込まれるCO₂冷媒の設定温度である。第八の温度は、たとえば20程度でよい。

【0042】

なお、第五の温度については、水冷式ガスクーラ8に流入する工業用水の温度(第三の温度センサー42の計測値)に応じて設定してもよい。たとえば、水冷式ガスクーラ8に流入する工業用水の温度よりも5高い温度を第五の温度とすることができる。具体的には、工業用水の温度が25であれば、第五の温度は30となる。工業用水の温度よりも何度高い温度を第五の温度にするかについては、水冷式ガスクーラ8の熱交換面積(熱交換率)に応じて適宜決定することができる。

【0043】

(CO₂冷媒の設定温度：第六・第七の温度)

必要に応じ、設定部4aは、CO₂冷媒の設定温度として、第六の温度センサー48が検出すべき第六の温度と、第七の温度センサー50が検出すべき第七の温度と、を設定することができる。第六の温度は、内部熱交換器10から送り出されるCO₂冷媒(可変膨張弁32を介して蒸発器12に送られるCO₂冷媒)の設定温度である。第六の温度は22に設定され得る。第七の温度は、蒸発器12から送り出されるCO₂冷媒の設定温度である。第七の温度は、たとえば5程度でよい。

【0044】

このように設定部4aは、第一の圧力センサー34が検出すべき第一の圧力値と、第二の圧力センサー36が検出すべき第二の圧力値と、第一の温度センサー38が検出すべき第一の温度または第二の温度センサー40が検出すべき第二の温度と、第四の温度センサー44が検出すべき第四の温度と、第五の温度センサー46が検出すべき第五の温度と、第八の温度センサー52が検出すべき第八の温度と、を少なくとも設定する。さらに、設定部4aは、第六の温度センサー48が検出すべき第六の温度と、第七の温度センサー50が検出すべき第七の温度とを設定してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

(制御部 4 b による制御)

設定部 4 a によって、加工寄与液の設定温度、CO₂冷媒の設定圧力・設定温度が設定されたら、制御部 4 b は、第一の温度センサー 3 8 または第二の温度センサー 4 0 の値が設定された温度（第一の温度または第二の温度）になるように、CO₂冷媒が臨界点を囲繞する設定された圧力値（第一・第二の圧力値）と温度（第四～第八の温度）とで規定される経路にしたがって可変膨張弁 3 2 の開度と圧縮機 6 の回転数とを制御する。

【 0 0 4 6 】

(可変膨張弁 3 2 の開度)

可変膨張弁 3 2 の開度を制御することにより、CO₂冷媒の圧力および加工寄与液の温度を調整することができる。可変膨張弁 3 2 の開度が大きくなると、可変膨張弁 3 2 を通過するCO₂冷媒の流量が増加するので、第二の圧力センサー 3 6 の値が小さくなる。また、可変膨張弁 3 2 の開度が大きくなると、蒸発器 1 2 におけるCO₂冷媒の流量が増大するため、第一・第二の温度センサー 3 8、4 0 の値（加工寄与液の温度）が下がる。一方、可変膨張弁 3 2 の開度が小さくなると、第二の圧力センサー 3 6 の値が大きくなるとともに、第一・第二の温度センサー 3 8、4 0 の値が上がる。

10

【 0 0 4 7 】

(圧縮機 6 の回転数)

また、圧縮機 6 の回転数を制御することにより、CO₂冷媒の圧力を調整することができる。圧縮機 6 の回転数が高まると、圧縮機 6 に吸引されるCO₂冷媒の量が多くなるため、第一の圧力センサー 3 4 の値が下がる。反対に、圧縮機 6 の回転数が低くなると、第一の圧力センサー 3 4 の値が上がる。

20

【 0 0 4 8 】

(臨界点)

また、上記の臨界点とは、一般に、物質が超臨界状態になる温度と圧力で特定される点である。本実施形態における臨界点は、冷媒のCO₂が超臨界状態になる臨界温度 3 1 . 1 および臨界圧力 7 . 3 8 M P a で特定される点である。図 2 において、CO₂の臨界点を符号 P で示している。図 2 は、CO₂の p - h 線図（モリエル線図）であり、縦軸が圧力、横軸がエンタルピーを示す。

【 0 0 4 9 】

(臨界点を囲繞する経路)

臨界点を囲繞する経路（CO₂冷媒が臨界点を囲繞する設定された圧力値と温度とで規定される経路）とは、たとえば、図 2 における A 点、B 点、C 点、D 点、E 点、F 点を通る経路 R である。図 2 における A 点～F 点は、図 1 に示す A 点～F 点のそれぞれにおける温度および圧力に基づいてプロットした点である。

30

【 0 0 5 0 】

本実施形態では、図 1 に示すように、圧縮機 6 の出口を A 点、水冷式ガスクーラ 8 の出口を B 点、内部熱交換器 1 0 における第二の経路 1 6 の出口を C 点、可変膨張弁 3 2 の出口を D 点、蒸発器 1 2 の出口を E 点、内部熱交換器 1 0 における第三の経路 1 8 の出口を F 点としている。

40

【 0 0 5 1 】

A～F 点の圧力・温度の具体的な数値は、たとえば、図 2 に示すとおりである。すなわち、A 点、B 点、C 点の圧力は、たとえば 1 0 M P a であり、D 点、E 点、F 点の圧力は、たとえば 4 M P a である。また、A 点～F 点の温度の具体例については、A 点の温度が 1 0 0 程度、B 点の温度が 3 1 程度、C 点の温度が 2 2 程度、D 点および E 点の温度が 5 程度、F 点の温度が 2 0 程度である。

【 0 0 5 2 】

ここからは A 点～F 点のそれぞれにおける温度、圧力・エンタルピーを下記のように符号を用いて説明する。すなわち、

A 点における温度を T A、圧力を P A、エンタルピーを E A、

50

B点における温度を T_B 、圧力を P_B 、エンタルピーを E_B 、
 C点における温度を T_C 、圧力を P_C 、エンタルピーを E_C 、
 D点における温度を T_D 、圧力を P_D 、エンタルピーを E_D 、
 E点における温度を T_E 、圧力を P_E 、エンタルピーを E_E 、
 F点における温度を T_F 、圧力を P_F 、エンタルピーを E_F 、
 として説明する。

【0053】

(CO_2 冷媒の流れ：F点 A点)

上記のとりの制御が開始されると、まず、F点から圧縮機6に送り込まれた CO_2 冷媒が圧縮機6によって圧縮されて臨界点を越えるA点に至る。この際、 CO_2 冷媒の温度は T_F から T_A に変化(上昇)し、 CO_2 冷媒の圧力は P_F から P_A に変化(上昇)し、 CO_2 冷媒のエンタルピーは E_F から E_A に変化(上昇)する。 10

【0054】

(A点 B点)

次いで、A点から水冷式ガスクーラ8に送り込まれた CO_2 冷媒は、水冷式ガスクーラ8によって冷却されてB点に至る。この際、 CO_2 冷媒の温度は T_A から T_B に変化(低下)し、 CO_2 冷媒の圧力は変化せず($P_A = P_B$)、 CO_2 冷媒のエンタルピーは E_A から E_B に変化(低下)する。 T_A と T_B との温度差および E_A と E_B とのエンタルピー差は、 CO_2 冷媒の熱が工業用水に奪われるので、水冷式ガスクーラ8によって外部に捨てられる。また、 CO_2 冷媒の圧力 P_B および温度 T_B は臨界点を越えているため、B点においては、 CO_2 冷媒の液化は生じない。 20

【0055】

(B点 C点)

次いで、B点から内部熱交換器10に送り込まれた CO_2 冷媒は、蒸発器12から送り込まれる CO_2 冷媒によって熱が奪われてC点に至る。この際、 CO_2 冷媒の温度は T_B から T_C に変化(低下)し、 CO_2 冷媒の圧力は変化せず($P_B = P_C$)、 CO_2 冷媒のエンタルピーは E_B から E_C に変化(低下)する。また、 CO_2 冷媒の温度 T_C が臨界点を下回るため、C点において CO_2 冷媒の一部が液化する。

【0056】

(C点 D点)

次いで、C点から可変膨張弁32に送り込まれた CO_2 冷媒は、可変膨張弁32によって減圧されてD点に至る。この際、 CO_2 冷媒の温度は T_C から T_D に変化(低下)し、 CO_2 冷媒の圧力は P_C から P_D に変化(低下)し、 CO_2 冷媒のエンタルピーは変化しない($E_C = E_D$)。また、D点における CO_2 冷媒は、気体と液体とが混在した状態である。 30

【0057】

(D点 E点)

次いで、D点から蒸発器12に送り込まれた CO_2 冷媒は、蒸発器12によって加工寄与液からエネルギーを奪い取りE点に至る。この際、加工寄与液から奪った熱が液状の CO_2 冷媒の気化に使われるため、 CO_2 冷媒の温度は変化しない($T_D = T_E$)。また、 CO_2 冷媒の圧力も変化しない($P_D = P_E$)。ただし、 CO_2 冷媒のエンタルピーは、 E_D から E_E に変化(上昇)する。E点は臨界点を通る飽和蒸気線に差しかかり、 CO_2 冷媒の多くが気体となる。 40

【0058】

(E点 F点)

次いで、E点から内部熱交換器10に送り込まれた CO_2 冷媒は、B点から内部熱交換器10に送り込まれた CO_2 冷媒から熱を奪う。このため、E点において CO_2 冷媒中に液体が残存していても、内部熱交換器10において CO_2 冷媒中の液体が気体となる。すなわち、飽和蒸気線の外にあるF点に到達した CO_2 冷媒は、すべて気体となる。したがって、F点から圧縮機6に流入する CO_2 冷媒は気体のみとなる。そして、圧縮機6の負 50

荷を軽減できる。CO₂冷媒がE点からF点に至る際は、CO₂冷媒の温度はTEからTFに変化(上昇)し、CO₂冷媒の圧力は変化せず($P_E = P_F$)、CO₂冷媒のエンタルピーはEEからEFに変化(上昇)する。

【0059】

このように冷却機構2においては、第一の温度センサー38または第二の温度センサー40の値が設定された温度(第一の温度または第二の温度)になるように、CO₂冷媒が臨界点Pを囲繞する設定された圧力値(第一・第二の圧力値)と温度(第四～第八の温度)とで規定される経路Rにしたがって可変膨張弁32の開度と圧縮機6の回転数とを制御部4bが制御する。これによって、F点から圧縮機6に流入するCO₂冷媒が気体のみとなるため、液圧縮が生じることがない。

10

【0060】

(冷却能力)

次に、冷却機構2の冷却能力について説明する。冷却能力とは、蒸発器12においてCO₂冷媒が加工寄与液を冷却する能力である。したがって、蒸発器12前後のエンタルピーを用いて、下記式1のように冷却能力を表すことができる。

$$\text{冷却能力} = ED - EE \cdots \text{式1}$$

EDは、蒸発器12を通過する前のD点におけるCO₂冷媒のエンタルピーである。また、EEは、蒸発器12を通過した後のE点におけるCO₂冷媒のエンタルピーである。

【0061】

しかし、E点におけるCO₂冷媒のエンタルピーEEは、E点の温度・圧力を検出しても導き出すことができない。E点におけるCO₂冷媒は、気液が混在した状態である。D点からE点へのCO₂冷媒の状態変化は、温度・圧力が一定の下で起こる。このため、E点の温度・圧力は、D点の温度・圧力と同じ値が検出される。したがって、E点におけるCO₂冷媒のエンタルピーは、E点の温度・圧力を検出しても導き出すことができない。なお、E点における温度TEは第七の温度センサー50によって検出し、E点における圧力PEは第一の圧力センサー34によって検出することができる。

20

【0062】

他方、A点～D点、F点におけるCO₂冷媒のエンタルピーEA～ED、EFは、各点の温度・圧力を検出し、検出した各点の温度・圧力を用いて、p-h線図に基づき求めることができる。

30

【0063】

A点～D点、F点におけるCO₂冷媒の温度は、下記のセンサーによって検出可能である。すなわち、A点における温度TAは第四の温度センサー44によって検出し、B点における温度TBは第五の温度センサー46によって検出し、C点における温度TCは第六の温度センサー48によって検出し、D点における温度TDは第七の温度センサー50によって検出し、F点における温度TFは第八の温度センサー52によって検出できる。

【0064】

また、A点～D点、F点におけるCO₂冷媒の圧力は、下記のセンサーによって検出可能である。すなわち、A点における圧力PAは第二の圧力センサー36によって検出し、B点における圧力PBは第二の圧力センサー36によって検出し、C点における圧力PCは第二の圧力センサー36によって検出し、D点における圧力PDは第一の圧力センサー34によって検出し、F点における圧力PFは第一の圧力センサー34によって検出できる。

40

【0065】

そして、A点～D点、F点におけるエンタルピーは、p-h線図に基づき求めることができる。すなわち、A点におけるエンタルピーEAは、A点の温度・圧力を用いてp-h線図に基づいて検出し、B点におけるエンタルピーEBは、B点の温度・圧力を用いてp-h線図に基づいて検出し、C点におけるエンタルピーECは、C点の温度・圧力を用いてp-h線図に基づいて検出し、D点におけるエンタルピーEDは、D点の温度・圧力を用いてp-h線図に基づいて検出し、F点におけるエンタルピーEFは、F点の温度・圧

50

力を用いて p - h 線図に基づいて検出することができる。

【0066】

そこで、p - h 線図に基づいて求めることが可能なエンタルピーを用いて、上記冷却能力を表すことについて説明する。

【0067】

まず、上記式 1 は、F 点のエンタルピー EF を用いると、下記式 2 のように変形することができる。

$$\begin{aligned} \text{冷却能力} &= E D - E E \\ &= (E F - E E) - (E F - E D) \cdots \text{式 2} \end{aligned}$$

【0068】

次に、内部熱交換器 10 において行われる熱交換から、下記式 3 が導かれる。

$$|E B - E C| = |E E - E F| \cdots \text{式 3}$$

上記のとおり、E 点から内部熱交換器 10 に送り込まれた CO₂ 冷媒は、B 点から内部熱交換器 10 に送り込まれた CO₂ 冷媒から熱を奪う。E 点から F 点に向かう CO₂ 冷媒が奪う熱に係るエンタルピーは、|E E - E F| と表すことができる。また、B 点から C 点に向かう CO₂ 冷媒が奪われた熱に係るエンタルピーは、|E B - E C| と表すことができる。そして、これらのエンタルピーは等しいから上記式 3 が導かれる。すなわち、E B と E C の差の絶対値、および E E と E F との差の絶対値は等しい。

【0069】

また、上記のとおり、C 点のエンタルピー E C と D 点のエンタルピー E D は等しい。

$$E C = E D \cdots \text{式 4}$$

【0070】

そして、冷却能力は、式 2 ~ 式 4 から、p - h 線図に基づいて求めることが可能なエンタルピー E B、E F を用いて、式 5 のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{冷却能力} &= (E F - E E) - (E F - E D) \\ &= (E B - E C) - (E F - E C) \\ &= E B - E F \cdots \text{式 5} \end{aligned}$$

【0071】

上記式 5 から、エンタルピー E B とエンタルピー E F との差 (E B - E F) が大きくなると、冷却能力が向上することが理解され得る。したがって、本実施形態の制御手段 4 は、エンタルピー E B とエンタルピー E F との差 (E B - E F) を増大させることにより、冷却能力を向上させる。すなわち、制御手段 4 は、可変膨張弁 32 の開度を小さくすることで第二の圧力センサー 36 の値を大きくし、あるいは、可変膨張弁 32 の開度を大きくすることで第二の圧力センサー 36 の値を小さくして、設定された圧力値 (第一・第二の圧力値) に CO₂ 冷媒の圧力を調整し、冷却能力を向上させる制御を行う。

【0072】

なお、E 点におけるエンタルピー E E は、式 3 を変形した式 6 から算出可能である。

$$E E = E F - (E B - E C) \cdots \text{式 6}$$

【0073】

(冷却効率)

次に、冷却機構 2 の冷却効率について説明する。冷却効率とは、冷却能力を圧縮仕事 (圧縮機 6 で行われる仕事) で除したものである。すなわち、冷却効率 = (冷却能力 / 圧縮仕事) である。圧縮仕事は、F 点のエンタルピー E F (圧縮前のエンタルピー) と、A 点のエンタルピー E A (圧縮後のエンタルピー) とを用いて、式 7 のように表すことができる。

$$\text{圧縮仕事} = E F - E A \cdots \text{式 7}$$

したがって、上記式 1 および式 7 から冷却効率は、式 8 のように表すことができる。

$$\text{冷却効率 (冷却能力 / 圧縮仕事)} = (E D - E E) / (E F - E A) \cdots \text{式 8}$$

そして、制御手段 4 は、式 8 から導かれる冷却効率が最大となるように、CO₂ 冷媒の温度、圧力、エンタルピーを制御するようになっているのが好適である。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

また、本実施形態の制御手段 4 は、冷却効率を算出する際、上記式 4 ($E C = E D$) と、上記式 6 { $E E = E F - (E B - E C)$ } とに基づいて、冷却能力 (式 5) を求める。つまり、

$$\begin{aligned} \text{冷却能力} &= E D - E E \\ &= E C - \{ E F - (E B - E C) \} \\ &= E B - E F \cdots \text{式 5} \end{aligned}$$

を求める。

【 0 0 7 5 】

式 5 を式 8 に代入すると、冷却効率は式 9 のようになる。

$$\begin{aligned} \text{冷却効率 (冷却能力 / 圧縮仕事)} &= (E D - E E) / (E F - E A) \\ &= (E B - E F) / (E F - E A) \cdots \text{式 9} \end{aligned}$$

10

【 0 0 7 6 】

式 9 から、エンタルピー $E B$ とエンタルピー $E F$ との差 ($E B - E F$) が大きくなると、冷却能力および冷却効率が向上することが理解され得る。したがって、本実施形態の制御手段 4 は、エンタルピー $E B$ とエンタルピー $E F$ との差 ($E B - E F$) を増大させることにより、冷却能力および冷却効率を向上させる。すなわち、制御手段 4 は、可変膨張弁 3 2 の開度を小さくすることで第二の圧力センサー 3 6 の値を大きくし、あるいは可変膨張弁 3 2 の開度を大きくすることで第二の圧力センサー 3 6 の値を小さくして、設定された圧力値 (第一・第二の圧力値) に CO_2 冷媒の圧力を調整し、冷却効率 (冷却能力 / 圧縮仕事) を制御する。

20

【 0 0 7 7 】

また、式 5 および式 9 によれば、第六・第七の温度センサー 4 8、5 0 は省略可能である。式 5 および式 9 から、冷却能力・冷却効率を求めるには、A 点・B 点・F 点のエンタルピー $E A$ 、 $E B$ 、 $E F$ の値が必要となる。エンタルピー $E A$ 、 $E B$ 、 $E F$ を $p - h$ 線図に基づいて検出するには、A 点・B 点・F 点の温度 $T A$ 、 $T B$ 、 $T F$ および圧力 $P A$ 、 $P B$ 、 $P B$ の値が必要である。これらの値は、第四・第五・第八の温度センサー 4 4、4 6、5 2 および第一・第二の圧力センサー 3 4、3 6 が配設されていれば、計測可能である。したがって、式 5 および式 9 によれば、第六・第七の温度センサー 4 8、5 0 が配設されていなくてもよい。

30

【 0 0 7 8 】

次に、加工装置で使用される加工寄与液の冷却量を増減させる場合 (すなわち、加工寄与液の設定温度を変更する場合) の作動について説明する。

【 0 0 7 9 】

(加工寄与液の冷却量を減少させる場合)

まず、加工装置で使用される加工寄与液の冷却量を減少させる場合 (加工寄与液の設定温度を上げる場合) から説明する。この場合、制御手段 4 の制御部 4 b は、可変膨張弁 3 2 の開度を小さくする。これによって、蒸発器 1 2 における CO_2 冷媒の流量が減少するため、加工寄与液の冷却量を減少させることができる。この結果、第一の温度センサー 3 8 または第二の温度センサー 4 0 の値が上がる。

40

【 0 0 8 0 】

その反面、蒸発器 1 2 における CO_2 冷媒の流量を減少させると、第一の圧力センサー 3 4 で計測される値が低下するとともに、第二の圧力センサー 3 6 で計測される値が上昇する。その結果、第一の圧力センサー 3 4 の値が第一の圧力値を下回るとともに、第二の圧力センサー 3 6 の値が第二の圧力値を上回ってしまうことがある。

【 0 0 8 1 】

そこで、制御部 4 b においては、第一の圧力センサー 3 4 の値を第一の圧力値まで上昇させるとともに、第二の圧力センサー 3 6 の値を第二の圧力値まで低下させるため、加工寄与液の設定温度の上げ幅に応じて、圧縮機 6 の回転数を適宜低下させる。

【 0 0 8 2 】

50

この場合において、圧縮機 6 の回転数が許容回転数の下限値まで達しているにもかかわらず、第一の圧力センサー 3 4 の値が第一の圧力値まで上昇せず、第二の圧力センサー 3 6 の値が第二の圧力値まで低下しないときがある。このようなときには、制御部 4 b は更に、通常は閉じている可変バイパス弁 2 8 を閉から開に作動し開度を大きくして、蒸発器 1 2 における CO₂ 冷媒の流量を増やす。これによって、圧縮機 6 の回転数を、許容回転数の下限値よりも低い回転数に下げることなく、第一の圧力センサー 3 4 の値を第一の圧力値まで上昇させるとともに、第二の圧力センサー 3 6 の値を第二の圧力値まで低下させることができる。

【 0 0 8 3 】

したがって、冷却機構 2 においては、加工寄与液の設定温度を上げて、圧縮機 6 の吸入圧力と吐出圧力が大きく変動することがないので、最大冷却効率および最大冷却能力を得ることができる。

10

【 0 0 8 4 】

このように制御部 4 b は、加工寄与液の冷却量を減少させる場合、可変膨張弁 3 2 の開度を小さくして蒸発器 1 2 を流れる CO₂ 冷媒の流量を減少させ、それに伴って圧縮機 6 の回転数が下限値に達しないようにバイパス経路 3 0 の可変バイパス弁 2 8 の開度を大きくして蒸発器 1 2 に流れる CO₂ 冷媒の流量を増大させるようになっている。

【 0 0 8 5 】

(加工寄与液の冷却量を増大させる場合)

上記とは反対に、冷却機構 2 において、加工装置で使用される加工寄与液の冷却量を増大させる場合(加工寄与液の設定温度を下げる場合)、制御手段 4 の制御部 4 b は、可変膨張弁 3 2 の開度を大きくする。これによって、蒸発器 1 2 における CO₂ 冷媒の流量が増大するので、加工寄与液の必要冷却量を増大させることができる。この結果、第一の温度センサー 3 8 または第二の温度センサー 4 0 の値が下がる。

20

【 0 0 8 6 】

けれども、蒸発器 1 2 における CO₂ 冷媒の流量が増大すると、第一の圧力センサー 3 4 で計測される値が上昇するとともに、第二の圧力センサー 3 6 で計測される値が低下する。その結果、第一の圧力センサー 3 4 の値が第一の圧力値を上回るとともに、第二の圧力センサー 3 6 の値が第二の圧力値を下回ってしまうことがある。

【 0 0 8 7 】

そこで、制御部 4 b においては、加工寄与液の設定温度の下げ幅に応じて、圧縮機 6 の回転数を適宜増大させる。これによって、第一の圧力センサー 3 4 の値を第一の圧力値まで低下させるとともに、第二の圧力センサー 3 6 の値を第二の圧力値まで上昇させることができる。

30

【 0 0 8 8 】

したがって、冷却機構 2 においては、加工寄与液の設定温度を下げて、圧縮機 6 の吸入圧力と吐出圧力が大きく変動することがないので、最大冷却効率および最大冷却能力を得ることができる。

【 0 0 8 9 】

ところで、加工寄与液の設定温度が低い場合には、蒸発器 1 2 内における CO₂ 冷媒の気化量が少なくなるため、液状の CO₂ 冷媒が圧縮機 6 に吸い込まれるおそれがある。しかし、本実施形態の冷却機構 2 では、蒸発器 1 2 から出た CO₂ 冷媒と、水冷式ガスクーラ 8 から出た CO₂ 冷媒とが内部熱交換器 1 0 において熱交換を行なうことになる。この熱交換においては、蒸発器 1 2 から出た CO₂ 冷媒が、水冷式ガスクーラ 8 から出た CO₂ 冷媒から熱を奪うことになる。このため、蒸発器 1 2 から出た CO₂ 冷媒中に液体が残存していても、内部熱交換器 1 0 において CO₂ 冷媒中の液体が気体となる。

40

【 0 0 9 0 】

このように制御部 4 b は、加工寄与液の冷却量を増大させる場合、可変膨張弁 3 2 の開度を大きくするとともに圧縮機 6 の回転数を増大させて蒸発器 1 2 を流れる CO₂ 冷媒の流量を増大させ、それに伴って蒸発器 1 2 から送り出される CO₂ 冷媒に残存する液状 C

50

CO₂を内部熱交換器10において気化させ圧縮機6の負担を軽減するようになっている。

【0091】

(制水弁20の開度調整)

また、制御手段4の制御部4bは、第三の温度センサー42によって検出される工業用水の温度に基づいて、制水弁20の開度を調整して水冷式ガスクーラ8に導入する工業用水の流量を調整し、CO₂冷媒の冷却を制御するようになっているのが好ましい。

【0092】

制水弁20の開度が大きくなると、水冷式ガスクーラ8に流れ込む工業用水の量が増え、水冷式ガスクーラ8におけるCO₂冷媒の冷却が促進される。一方、制水弁20の開度が小さくなると、水冷式ガスクーラ8に流れ込む工業用水の量が減り、水冷式ガスクーラ8におけるCO₂冷媒の冷却が抑制される。

10

【0093】

このため、制御部4bは、工業用水の温度に基づき、制水弁20の開度を調整して、水冷式ガスクーラ8におけるCO₂冷媒の冷却を制御することにより、水冷式ガスクーラ8から送り出されるCO₂冷媒の温度を設定温度(第五の温度)に調整することができる。

【0094】

以上のとおりであり、冷却機構2においては、圧縮機6に流入するCO₂冷媒が気体のみとなるため、液圧縮が生じることがない。さらに、本実施形態の冷却機構2は、冷却効率を式9によって求めるので、冷却効率を向上させるためのCO₂冷媒の圧力値を運転状況に合わせて設定することができる。

20

$$\text{冷却効率} = (E B - E F) / (E F - E A) \cdots \text{式 9}$$

【0095】

なお、圧縮機6、水冷式ガスクーラ8、内部熱交換器10および蒸発器12の配置については、図3に示すように、圧縮機6、内部熱交換器10および蒸発器12よりも上方に、水冷式ガスクーラ8を設置するのが好ましい。

【0096】

CO₂冷媒は、超臨界状態に達すると、圧縮機6内の潤滑油がCO₂冷媒に溶解して圧縮機6から流出しやすくなる傾向がある。超臨界状態のCO₂冷媒に溶解した圧縮機6内の潤滑油が、水冷式ガスクーラ8や内部熱交換器10などに滞留し、圧縮機6に戻らないと、圧縮機6に異常摩耗が生じるおそれがある。

30

【0097】

そこで、図3に示すように、水冷式ガスクーラ8を圧縮機6などの上方に設置することにより、冷却機構2全体の設置面積を抑えつつ、水冷式ガスクーラ8および内部熱交換器10における超臨界状態のCO₂冷媒の流れ方向を、重力方向(つまり、上から下)にすることができる。したがって、超臨界状態のCO₂冷媒に溶解した圧縮機6内の潤滑油が、水冷式ガスクーラ8や内部熱交換器10などに滞留するのを抑制し、潤滑油を圧縮機6に戻すことができる。この結果、圧縮機6に異常摩耗が生じるのを防止することができる。

【0098】

可変膨張弁32によって膨張されたCO₂冷媒は、蒸発器12および内部熱交換器10において、流れ方向が反重力方向(下から上)となるが、圧縮機6、内部熱交換器10および蒸発器12のそれぞれの下端位置を同じ高さにすることにより、蒸発器12出口から圧縮機6までの高低差をできるだけ小さくして、潤滑油が圧縮機6に戻りやすくするのが好適である。

40

【0099】

また、圧縮機6の停止した後、圧縮機6の作動を再開する際は、可変膨張弁32および可変バイパス弁28を所定の開度に維持しつつ、図4に示すように、中間速度での運転と最低速度での運転とを所定時間ずつ何度か繰り返すのがよい。これによって、圧縮機6の停止時に内部熱交換器10および蒸発器12に滞留した潤滑油を圧縮機6に効率的に戻すことができる。

50

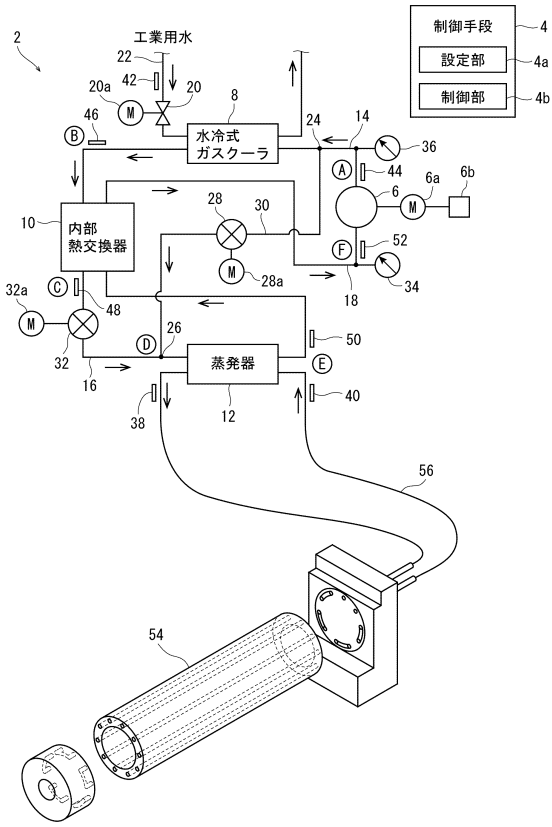
【符号の説明】

【0100】

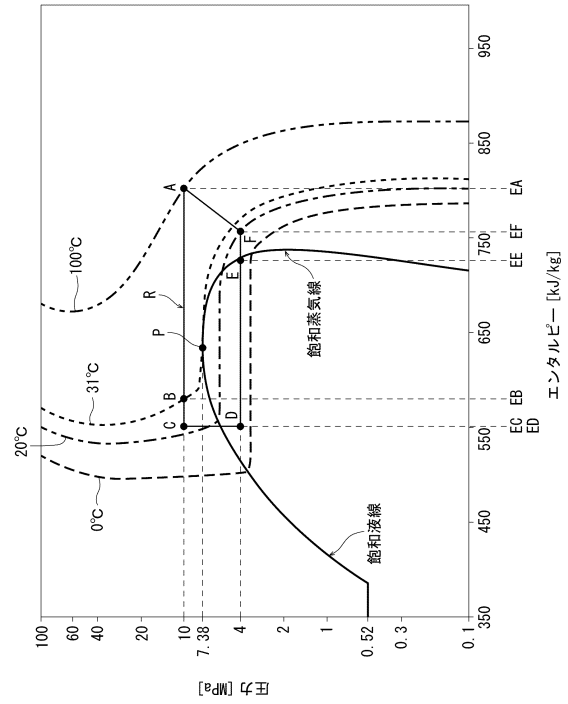
| | | |
|-----|-------------|----|
| 2 | : 冷却機構 | |
| 4 | : 制御手段 | |
| 4 a | : 設定部 | |
| 4 b | : 制御部 | |
| 6 | : 圧縮機 | |
| 8 | : 水冷式ガスクーラ | |
| 10 | : 内部熱交換器 | |
| 12 | : 蒸発器 | 10 |
| 14 | : 第一の経路 | |
| 16 | : 第二の経路 | |
| 18 | : 第三の経路 | |
| 20 | : 制水弁 | |
| 22 | : 第四の経路 | |
| 24 | : 第一の連結部 | |
| 26 | : 第二の連結部 | |
| 28 | : 可変バイパス弁 | |
| 30 | : バイパス経路 | |
| 32 | : 可変膨張弁 | 20 |
| 34 | : 第一の圧力センサー | |
| 36 | : 第二の圧力センサー | |
| 38 | : 第一の温度センサー | |
| 40 | : 第二の温度センサー | |
| 42 | : 第三の温度センサー | |
| 44 | : 第四の温度センサー | |
| 46 | : 第五の温度センサー | |
| 48 | : 第六の温度センサー | |
| 50 | : 第七の温度センサー | |
| 52 | : 第八の温度センサー | 30 |

【 図 面 】

【 図 1 】



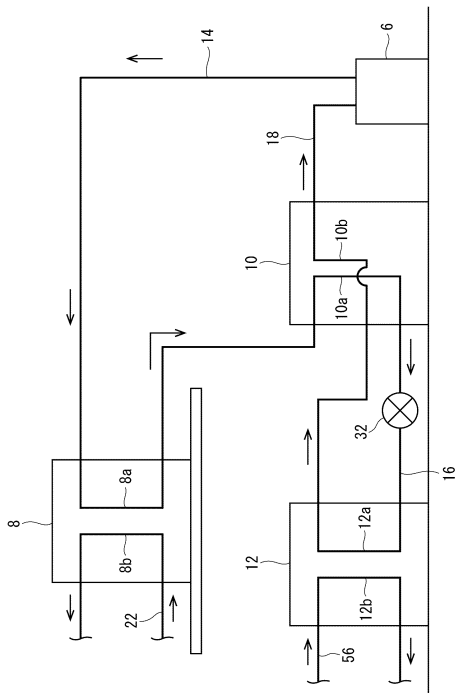
【 図 2 】



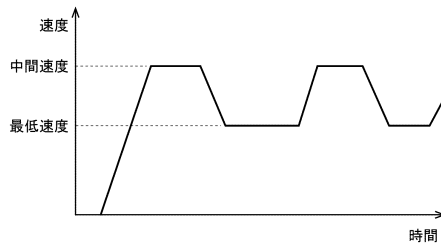
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 Q

11/12

A