

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3799121号
(P3799121)

(45) 発行日 平成18年7月19日(2006.7.19)

(24) 登録日 平成18年4月28日(2006.4.28)

(51) Int. Cl.

F I

F O 4 D 29/42 (2006.01)

F O 4 D 29/42 H

F O 4 D 17/12 (2006.01)

F O 4 D 17/12

H O 2 K 7/09 (2006.01)

H O 2 K 7/09

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-66080
 (22) 出願日 平成9年3月19日(1997.3.19)
 (65) 公開番号 特開平10-259796
 (43) 公開日 平成10年9月29日(1998.9.29)
 審査請求日 平成13年2月28日(2001.2.28)
 審判番号 不服2003-15485(P2003-15485/J1)
 審判請求日 平成15年8月11日(2003.8.11)

(73) 特許権者 000233077
 株式会社 日立インダストリイズ
 東京都足立区中川四丁目13番17号
 (74) 代理人 100075096
 弁理士 作田 康夫
 (72) 発明者 高橋 一樹
 茨城県土浦市神立町603番地
 株式会社 日立製作所 土浦
 工場内
 (72) 発明者 三浦 治雄
 茨城県土浦市神立町603番地
 株式会社 日立製作所 土浦
 工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2段遠心圧縮機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸の両端部にそれぞれ遠心羽根車を取り付けて2段の圧縮機段を形成し、この回転軸の中間部に形成された電動機部により直接両羽根車を駆動する2段遠心圧縮機において、前記電動機部を覆うように位置する電動機ケーシング部と、前記圧縮機段を覆うように位置する2つの圧縮機ケーシング部と、これら電動機部ケーシング部および圧縮機ケーシング部の下方に位置し、前記回転軸の中心軸を含む鉛直面に対してほぼ同じ大きさでほぼ軸対称である中間冷却器と吐出冷却器とを形成するシェルと、を一体鋳造で構成して1個の一体化したケーシングとし、前記圧縮機段の一方に流入した作動ガスがこの一体化したケーシングから出ることなく吐出冷却器から吐出されるよう前記一体化したケーシングを形成したことを特徴とする2段遠心圧縮機。

10

【請求項2】

前記一方の圧縮機段に吸い込まれた作動ガスが、この圧縮機段で圧縮された後に中間冷却器に流入し、その後他方の圧縮機段で圧縮されて吐出冷却器に流入するよう前記一体化したケーシングを形成したことを特徴とする請求項1に記載の2段遠心圧縮機。

【請求項3】

前記2段の圧縮機段の各段と前記中間冷却器とを連通する第1及び第2のダクト部と、前記2段の圧縮機段の中の何れか一方の段と前記吐出冷却器とを連通する第3のダクト部とを前記一体化したケーシングは含み、これら第1乃至第3のダクト部は前記2つの冷却器の上方であって前記圧縮機段の下方に位置していることを特徴とする請求項1に記載の2

20

段遠心圧縮機。

【請求項 4】

前記一方の圧縮機段が有する遠心羽根車と他方の圧縮機段が有する遠心羽根車との間の 2 カ所に前記回転軸を支承するアキシアル磁気軸受を、この 2 つのアキシアル磁気軸受間にスラスト磁気軸受を設けるとともに、前記一体化したケーシングの内周面に周方向にわたる溝を形成し、この溝と前記各軸受に連通する冷却路を前記各圧縮機段が有することを特徴とする請求項 1 に記載の 2 段遠心圧縮機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

10

本発明は、電動機軸に圧縮機羽根車を直接取り付けた電動機内蔵型の 2 段遠心圧縮機に関する。

【0002】

【従来の技術】

工場空気源等に用いられる 2 段の遠心圧縮機をコンパクト化するために、電動機の両軸端に羽根車を設け、増速機を介さずに直接羽根車を駆動するよう構成した遠心圧縮機の例が、特公平 5-36640 号公報に開示されている。この公報に記載の遠心圧縮機においては、吐出スクロールを有する圧縮機ケーシングを、電動機ステータや軸受が配置される電動機ケーシングと別体に行っている。そして、吐出スクロールの下流側をフランジを介して配管に接続している。さらに、圧縮機段は、第 1 段と第 2 段の両段とも軸方向からガスを吸い込む吸込部を有しており、これもフランジを介して吸込配管と接続している。

20

【0003】

一方、やはり遠心圧縮機のコンパクト化を目指して、圧縮機ケーシングと中間冷却器、吐出冷却器を一体に構成した遠心圧縮機も提案されており、例えば特開平 7-103162 号公報に開示されている。この公報に記載の圧縮機は、低速軸と高速軸の 2 本の同一高さに配置された平行な回転軸を有しており、これら両軸を歯車増速機を介して接続している。そして、この両軸の中心線を含む水平面で歯車増速機のハウジングが上下 2 分割されている。分割されたハウジングの中で、下ハウジングは冷却器等と一体形成されており、上ハウジングは取り外し可能に形成されている。さらに、これらハウジングの一端部には電動機を取り付けるフランジが設けられており、このフランジを介して低速軸と電動機の同心を確保している。

30

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記特公平 5-36640 号公報に開示された一体型の遠心圧縮機においては、装置のコンパクト化は達成されるものの、圧縮機ケーシングと電動機ケーシングが別体に構成されており、各ケーシングを連結する部品等の部品点数が増加し、これにより組立時に個々の部品の加工誤差と組立誤差が累積し、ステータ内側の軸受保持部等において、ロータとステータ間の同軸度の低下や軸方向の位置精度の低下を生じる恐れがあった。そして、この公報に記載の遠心圧縮機をさらにコンパクト化する等の理由で磁気軸受や側板のない羽根車を用いる場合には、元来ロータとステータ間には厳しい位置管理が必要であるが、相互の位置関係を設定許容範囲内に収めることが困難になる。そこで、組立精度の向上を図るために、嵌め合い部より厳しい嵌合にしたり、部品間をロックピン等を介して位置固定すれば、組立及び加工時間の増大を招き、コンパクト化による原価の低減、信頼性の向上等の効果が損なわれる。

40

【0005】

また、この公報に記載の遠心圧縮機は、各段が有する吐出スクロールの下流側でフランジ結合になっていること、第 1 段圧縮機だけでなく第 2 段圧縮機も軸方向吸込でフランジ結合になっていること、圧縮機と冷却器間の配管が複雑な経路をとらざるを得ないこと等のため、羽根車を電動機軸に直接取り付けたにも拘わらず、冷却器までも含めたパッケージ圧縮機の省スペース化のメリットを十分に発揮できていない。なお、圧縮機本体と冷却器

50

とでは運転時の熱変形量が異なるので、熱変形に起因する機密性の低下、それによる漏れの発生の恐れもあった。

【0006】

さらに、特開平7-103162号公報に記載の遠心式圧縮機は、歯車増速機を有する2軸式の圧縮機であり、電動機を圧縮機回転軸と同軸上に配置して、歯車増速機を介さずに直接駆動して遠心圧縮機の小型コンパクト化を図ることについては全く考慮されていない。

【0007】

本発明は上記従来技術の有する課題に鑑みなされたもので、その目的とするところは、電動機軸に羽根車を直接取り付けした遠心圧縮機の組立精度を高めかつ組立を容易にすること

10

にある。

本発明の他の目的は、電動機軸に羽根車を直接取り付けした遠心圧縮機の小型コンパクト化を図ることにある。

本発明のさらに他の目的は、部品点数を減らして小型遠心圧縮機を安価に製造することにある。

本発明のさらに他の目的は、コンパクト化した遠心圧縮機において加工精度の向上が容易な構造を実現することにある。そして、本発明のその他の目的は、以下に述べる記載により明らかになるであろう。

【0008】

【課題を解決するための手段】

20

上記目的を達成するための本発明の本発明の第1の態様は、回転軸の両端部にそれぞれ遠心羽根車を取り付けて2段の圧縮機段を形成し、この回転軸の中間部に形成された電動機部により直接両羽根車を駆動する2段遠心圧縮機において、電動機部を覆うように位置する電動機ケーシングと、圧縮機段を覆うように位置する圧縮機ケーシングとを一体鋳造で構成した一体化ケーシングを備えたものである。そして好ましくは、各圧縮機段間に設けられる中間冷却器と、下流側の圧縮機段のさらに下流に設けられる吐出冷却器との、2つの冷却器のシェルを一体化ケーシングと一体化したものである。

【0009】

上記目的を達成するための本発明の第2の態様は、回転軸の両端部にそれぞれ遠心羽根車を取り付けて2段の圧縮機段を形成し、この回転軸の中間部に形成された電動機部により直接両羽根車を駆動する2段遠心圧縮機において、回転軸の軸方向に順に一の圧縮機段を覆うように位置する圧縮機段ケーシング、電動機を覆うように位置する電動機ケーシング、他の圧縮機段を覆うように位置する圧縮機段ケーシングを配置し、回転軸とほぼ平行であってこの回転軸の中心に対して斜め下方に一の圧縮機段と他の圧縮機段間に設けられる中間冷却器を、この中間冷却器とほぼ平行であって回転軸の斜め下方に2つの圧縮機段の何れかに流通する吐出冷却器を位置させ、電動機ケーシングと一の圧縮機段ケーシングと他の圧縮機段ケーシングと中間冷却器のシェルと吐出冷却器のシェルとを一体鋳造した一体化ケーシングを備えたものである。そして好ましくは、中間冷却器と吐出冷却器の各端面にフランジ部を設け、このフランジ部に取り付けられる4枚のエンドカバーの形状を実質的に同一にしたものである。

30

40

【0010】

上記目的を達成するための本発明の第3の態様は、回転軸の両端部にそれぞれ遠心羽根車を取り付けて2段の圧縮機段を形成し、この回転軸の中間部に形成された電動機部により直接両羽根車を駆動する2段遠心圧縮機において、電動機部及び2段の圧縮機段を覆うように一体化ケーシングを形成し、この一体化ケーシングの斜め下方に中間冷却器部を、この中間冷却器部にほぼ平行に吐出冷却器部をそれぞれ延在させ、2段の圧縮機段の各段と中間冷却器部とを連通する第1及び第2のダクト部と、2段の圧縮機段の中の何れか一方の段と吐出冷却器部とを連通する第3のダクト部とをケーシングは含み、これら第1乃至第3のダクト部は2つの冷却器部の上方であって圧縮機段の下方に位置しているものである。

50

【0011】

上記目的を達成するための本発明の第4の態様は、回転軸と、この回転軸の一端部に取り付けた第1段遠心羽根車と、回転軸の他端部に取り付けた第2段遠心羽根車とを有し、回転軸の中間部に形成された電動機部により直接両羽根車を駆動する2段遠心圧縮機において、第1段遠心羽根車を含む第1段圧縮機部と、第2段遠心羽根車を含む第2段圧縮機部と、電動機部とを覆うように一体化ケーシングを形成し、第1段羽根車に流入する作動ガスの流入方向を半径方向外方から回転軸の中心方向とする吸込流路部を形成したものである。

【0012】

そして好ましくは、第1段圧縮機部の羽根車出口側に、回転軸に平行な断面における断面積が周方向にほぼ均一なコレクタを形成するか、第1段遠心羽根車と第2段遠心羽根車との間の2カ所に回転軸を支承するアキシアル磁気軸受を、この2つのアキシアル磁気軸受間にスラスト磁気軸受を設けるとともに、一体化ケーシングの内周面に周方向にわたる溝を形成し、この溝と各軸受に連通する冷却路を各圧縮機段が有するか、または一体化ケーシングの第1段羽根車側端面を閉塞し、第1段羽根車への吸込流路を形成する第1のヘッドカバー部材と、一体化ケーシングの第2段羽根車側端面を閉塞し、第2段羽根車への吸込流路を形成する第2のヘッドカバー部材とを一体化ケーシングに着脱自在に設けるものである。

【0013】

また、本発明によれば、電動機直接駆動式遠心圧縮機において、圧縮機ケーシング、電動機ケーシングを含む圧縮機本体の直下に、中間冷却器および吐出冷却器を一体に構成し、かつ、圧縮機本体ケーシングの外周部が冷却器の上面に接する程度まで近づけて配置することで、外形寸法を小型化してもよい。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明のいくつかの実施例について図面を参照しながら説明する。

図1ないし図9は、本発明の2段遠心圧縮機の第1の実施例に係る図面であり、図1は2段遠心圧縮機の概略外観形状を示す正面図である。また、図2および図3は、それぞれ図1中のA矢視およびB矢視側面図である。本実施例における2段の遠心圧縮機1では、圧縮機の羽根車を駆動する電動機のステータを保持する電動機ケーシング2と、この電動機ケーシングの左右両側に配置された圧縮機のステータ部を有する第1段圧縮機ケーシング1aと第2段圧縮機ケーシング1bとが一体に構成されている。そして、この一体型のケーシング50の下方には、中間冷却器3aおよび吐出冷却器3bが配置されている。そして、これら両冷却器3a、3bのケーシングも電動機ケーシング2と圧縮機ケーシング1a、1bとを有するケーシング本体50に一体に形成されている。

【0015】

ところで、図1のC-C断面である図4に示したように、本発明の2段圧縮機においては電動機の回転軸20の両端部に第1段及び第2段の遠心羽根車21a、21bが直接取り付けられている。回転軸20の両羽根車21a、21bの取り付け位置より内側に配設されたラジアル磁気軸受23a、23bにより回転軸20は回転可能に支承されている。一方、図4において右側に位置する第2段圧縮機側のラジアル軸受23bの軸方向内側には、この2段圧縮機によって発生する軸方向推力を支承可能なアキシアル磁気軸受24a、24bが回転軸20に設けられたスラストプレートを挟むように配置されている。そして、ラジアル軸受23a、23bはそれぞれベアリングハウジング28a、28bに、アキシアル磁気軸受24a、24bはベアリングホルダ29a、29bにそれぞれ固定されている。

【0016】

回転軸20はそのほぼ中央部に電動機ロータ部が取り付けられており、このロータ部に対向して僅かの隙間をもって電動機ステータ22が配設されている。この電動機ステータ22は、ステータハウジング32に保持されており、ステータハウジング32は電動機ケー

10

20

30

40

50

シングに保持されている。

【0017】

回転軸20の両端部に直接取り付けられた遠心羽根車21a、21bは、シュラウド壁を持たないオープンシュラウド羽根車であり、各羽根車21a、21bのシュラウド面とインナーケーシング25a、25bとの間には微少ギャップが形成されている。さらに、羽根車21a、21bは、ナット33a、33bにより回転軸20に締結されており、回転軸20から着脱可能に構成されている。

【0018】

ラジアル磁気軸受23a、23bの軸方向外側には、組立時や圧縮機停止時等の磁気軸受に通電されていない時に、ロータがステータ部やケーシング等と接触するのを防止するために補助軸受31a、31bが配設されている。圧縮機運転時には、回転軸20は磁気軸受23a、23bにより浮上させられ、これら補助軸受31a、31bと回転軸20とが接触することなく回転制御される。運転時に補助軸受23a、23bと回転軸20との間に形成されるギャップは、電動機や磁気軸受23a、23bのエアギャップおよび羽根車のシュラウドギャップより小さい。

10

【0019】

次に、圧縮機の作動ガス圧縮系統を説明する。図4で左側に示した第1段圧縮機では、作動ガスは第1段吸込ノズル4から吸い込まれ、整流板26aを備えた吸込流路を経て第1段羽根車21aで圧縮される。圧縮された作動ガスは、羽根車21aの下流側に設けられたディフューザ38aで圧力回復した後、コレクタ27aでまとめられて第2段圧縮機へと導かれる。ここで、ディフューザ38aは吸込流路をも区画するインナーケーシング25aとベアリングハウジング28aとにより形成されている。このディフューザ38aとしては、ディフューザ羽根を有する羽根付きディフューザを用いることが多いが、羽根無しディフューザであってもよい。ディフューザ38aの出口径は、羽根車21aの外径に対して十分大きく設定されており、羽根車を出た作動ガスの流れが十分減速される。なお、インナーケーシング25aは整流板26aを介して圧縮機ヘッドカバー17aに取り付けられている。このヘッドカバー17aを、第1段ケーシング1aの回転軸側端面にシール部材を介してボルト締めすることにより第1段圧縮機の吸込流路が形成される。

20

【0020】

吐出コレクタ27aは、上述したインナーケーシング25aと第1段圧縮機ケーシング1aとで形成されている。コレクタ27aは、円周方向に流路断面積が変化するスクロールとは異なり流路断面積が円周方向に一定であるから、コレクタ内27aでの静圧回復は期待できない。しかし、コレクタ27aに流入するガスは、上流のディフューザ38a部で十分に減速されているので、コレクタの断面積を大きくしても、過大な損失を発生せずに流れを減速することが可能である。さらに、コレクタ27a内の流れはスクロール内の流れに比較し、円周方向について静圧の変化が小さく、羽根車等を含む圧縮機ロータに加わる半径方向の流体力が小さく、騒音振動を低く押さえることができる。そして、コレクタを用いると、上記の好ましい諸特性が圧縮機の設計点以外の運転点でも得られるという利点を有する。

30

【0021】

コレクタ27aに集められた作動ガスは、後述する流路を経て第2段圧縮機の吸込流路に流入する。この第2段圧縮機も第1段圧縮機と同様の構成となっている。すなわち、作動ガスは整流板26bを備えた吸込流路を経て第2段羽根車21bでさらに加圧される。圧縮された作動ガスは、羽根車21bの下流側に設けられたディフューザ38bで圧力回復した後、コレクタ27bでまとめられ吐出冷却器3bを経て需要元へと導かれる。ここで、ディフューザ38bは吸込流路をも区画するインナーケーシング25bとベアリングハウジング28bとにより形成されている。また、インナーケーシング25bは整流板26bを介して圧縮機ヘッドカバー17bに取り付けられている。このヘッドカバー17bを、第2段ケーシング1bの回転軸側端面にシール部材を介してボルト締めすることにより第2段圧縮機の吸込流路が形成される。ディフューザ38bは羽根付きディフューザでも

40

50

羽根無しディフューザでもよいことは第1段圧縮機と同様である。

【0022】

次に、この2段遠心圧縮機における作動ガスの流路及び冷却系統を説明する。第1段吸込ノズル4から吸い込まれた作動ガスは、第1段圧縮機内流路を経て吐出ノズルと中間冷却器への導通配管を兼ねた第1段吐出ダクト5に流入する。吐出ダクト5を流出した作動ガスは、回転軸20の斜め下方に回転軸20にほぼ並行に配置された中間冷却器3aに流入して冷水等と熱交換して冷やされ、第2段吸込ダクト6に流入する。第2段吸込ダクト6に流入した作動ガスは、第2段圧縮機内流路を経て第2段吐出ダクト7へ導かれる。吐出ダクト7を出た作動ガスは、回転軸の斜め下方で中間冷却器3bにほぼ平行に配設された吐出冷却器3bに流入し、ここで最終需要元の要求する温度に調整された後、吐出冷却器3bの側面に設けられた吐出口8から顧客の要求や安全性を考慮して設けられたチェック弁等の補機類を経て需要元へ導かれる。したがって、吐出口8にはこれら補機を接続するためのフランジが形成されている。なお、中間冷却器3aと吐出冷却器3bとはほぼ同じ大きさであり、回転軸20の中心軸を含む鉛直面に対してほぼ軸対称な形状となっている。

10

【0023】

ここで、第1段吸込ノズル4は回転軸に平行なフランジ面を有しており、2段圧縮機の上流側に配設された補機類から導かれた吸込ガス配管とフランジ接続されている。また、吸込ノズル4では、圧縮機の半径方向外方から作動ガスを吸い込み、作動ガスにおいてヘッドを低下させる予旋回の発生を防止している。一方、第1段吐出ダクト5は、第1段圧縮機ケーシング1aおよび中間冷却器3aと一体形成されており、第2段吸込ダクト6および第2段吐出ダクト7は、それぞれ中間冷却器3aおよび吐出冷却器3bと一体形成されている。

20

【0024】

中間冷却器3aおよび吐出冷却器3bの内部にはそれぞれ熱交換器のネストが収納されており、この熱交換器のネストをそれぞれの冷却器に保持するために第2段圧縮機側の端面には、図3に示すように冷却器ヘッドカバー15a、15bがシール部材を介してそれぞれ取り付けられている。また、両冷却器の第1段圧縮機側の端面には、図2に示すようにシール部材を介してエンドカバー16a、16bが取り付けられている。ここで、ヘッドカバー15とエンドカバー16の相対位置は、圧縮機の構造とは無関係である。つまり、第1段圧縮機側にヘッドカバーを配し、第2段圧縮機側にエンドカバーを配しても良い。さらに、冷却器3a、3bへのヘッドカバー15とエンドカバー16の取り付け形状を同一にすれば、同一形状の熱交換器ネストをどちら側からでも取り付け可能になり、組立の自由度が増す。

30

【0025】

ところで、中間冷却器3aと吐出冷却器3bとでは、通過風量や必要とされる熱交換量が異なる。従って従来、両冷却器のそれぞれに対し必要でかつ十分な寸法形状にしていた。これに対し本実施例では、両冷却器の寸法を同一にして鋳型をはじめネストやカバー類を共用し、部品製作コストや組立コスト等の原価の低減を可能にしている。

【0026】

一体に形成されたケーシング50の電動機ケーシング2部を覆うように箱状の外壁9が、この外壁9の上面にはほぼ矩形状のフランジ部がそれぞれ形成されており、このフランジに端子箱18が取り付けられている。電動機や磁気軸受等に接続される信号ケーブルや動力ケーブルは、圧縮機ケーシング内に設けられた配線用の空間30a、30bを通して、この端子箱18へ導かれる。この空間30a、30bをケーブル配線作業を容易にするため、極力広くしている。

40

【0027】

以上のように構成した本実施例においては、回転軸方向から電動機の駆動部を含めて圧縮機の組立および分解が可能である。つまり、電動機ケーシング2および圧縮機ケーシング1a、1bをほぼ円筒状の一体鋳造品としたので、従来の最大径部分で2分割して、各分

50

割面にフランジ面を設けるという手法を用いる必要がない。この場合、ケーシングの内周面をマシニングセンタ等により一貫して加工することができ、製作が容易になり加工精度の向上と製作コストの低減を実現できる。また、この一体ケーシングを用いると、組立時に心出し等の調整作業を低減できる。なお、第1段圧縮機では、吸込ノズル4がケーシング外周面に設けられ、吸込ガスを半径方向から導入しているため、圧縮機本体の側方には各種機器を設置するスペースを確保できる。したがって、通常第1段圧縮機の上流側に設けられる吸込絞り弁や吸込フィルタ等の補機類を圧縮機本体の側方に配設できる。また、羽根車21aの清掃等のメンテナンス時には、上記補機類を取り外さなくても、圧縮機ヘッドカバー17aおよびこれと一体に取り付けられているインナケーシング25aのみを取り外すだけで、羽根車を圧縮機ケーシング内から取り出すことができ、作業の省力化が図られる。

10

【0028】

ところで、圧縮機1では、主として電動機ステータ22における銅損や鉄損と回転体の高速回転による風損に起因して発熱する。また、羽根車で昇圧される過程において作動ガスの温度は約150℃まで上昇する。しかしながら、電動機や磁気軸受の使用温度はコイルの絶縁性を確保するため約120℃以下に抑える必要がある。そこで、圧縮機1の外部から冷却ガスを圧縮機1の内部に通風する。この冷却ガスの取入口34a、34b、34c、34dを、電動機ケーシング2および圧縮機ケーシング1a、1bの外周部に円周方向1カ所づつ設けている。この取入口34a、34b、34c、34dは、ケーシングの内周面に円周方向の溝状に形成された冷却ガス分配溝35a、35b、35c、35dにそれぞれ連通している。冷却ガスは、これらの冷却ガス分配溝35a、35b、35c、35dから、それぞれ円周方向に複数箇所設けられた冷却ガス供給通路36a、36b、36c、36dに供給され、上記各発熱部を冷却する。ここで、冷却ガス分配溝35a、35b、35c、35dを必ずしもケーシング内面側に構成する必要はない。例えば電動機ケーシングに設けた分配溝35aを、電動機ステータハウジング32の外周部に設けても良い。冷却ガスは、上記発熱部付近を冷却した後、それぞれ円周方向に複数箇所設けた排気通路37a、37b、37cを経て、ケーブル配線用の空間30a、30bに集められ、端子箱18へと到る。排気口は、壁面9または端子箱18の1カ所に設ければ十分である。本実施例によれば、冷却ガスの供給および排気に必要な配管の数を必要最小限に抑えることができる。また、排気用の配管として大口径のものを1本設けるだけでよく、排気配管の圧力損失が小さくなり、冷却ガスの供給圧を低下させることができる。

20

30

【0029】

次に、図5から図9を用いて、本実施例に用いる圧縮機1のケーシングの詳細構造を説明する。図5は図2におけるJ-J断面図、図6は図1におけるD矢視図とE矢視図（図の左半がD矢視、右半がE矢視）、図7は図1におけるF矢視図とG矢視図（図の左半がF矢視、右半がG矢視）、図8は図1のH矢視図、図9は図1におけるI矢視図である。図6および図8、図9中において、インナケーシング25a、25bにより形成される吐出コレクタおよび整流板26a、26bを破線で示している。

【0030】

圧縮機1にかかるケーシングは、第1段圧縮機ケーシング1a、第2段圧縮機ケーシング1b、電動機ケーシング2、中間冷却器ケーシング3aおよび吐出冷却器ケーシング3bを有しており、これらは鋳鉄製で一体鋳造成形されている。そして、この一体ケーシングは横断面における形状がほぼ左右対称になっている。

40

【0031】

一体構造のケーシングを実現できたことにより、従来必要であった上記各ケーシング間を結合するボルトナット類や配管等の部品が不要となり、大幅に部品点数を削減できる。また、圧縮機本体部の円筒状内面を、一貫して加工することで高い同軸性を確保でき、従来必要であった電動機ケーシングと圧縮機ケーシング間の心出し作業およびノック穴の合わせ加工等が一切不要となる。さらに、ケーシングの構造がほぼ左右対称であるため、鋳造時に鋳型の合わせ面を左右対称軸を含む面にすることができる。すなわち、回転軸20の

50

中心軸 20 と、中間冷却器と吐出冷却器との間を仕切る仕切壁 40 と、を含む平面に関して、ほぼ左右対称な鋳型とすることができ、木型および砂型の製作を含め鋳造が容易になる。

【0032】

一体鋳造ケーシングでは、ケーシング全体の剛性を高くすることができるという長所の他に、鋳鉄を用いているので減衰特性にもすぐれているという長所がある。これら両長所により、圧縮機の低振動化及び低騒音化を実現できる。また、ケーシングの外表面積を小さくできるので、ケーシング外表面からの放射音を低減できる。つまり、従来振動および騒音発生の主要源となっていた歯車増速機等を不要として、ケーシングの一体鋳造を可能にしたことにより、電動機軸に直接羽根車を取り付ける駆動方式の利点を最大限に享受できる。

10

【0033】

圧縮機本体のケーシングはほぼ円筒形であり、第 1 段圧縮機のケーシング 1a の外径が最も大きい。第 1 段圧縮機は、最大径部において外周面が冷却器 3 の上面にほぼ接するように配設されている。すなわち、冷却器の上面から圧縮機回転軸までの高さは、圧縮機本体ケーシングの最大外半径にほぼ等しい。このように、圧縮機本体と冷却器を接近して配置すれば、圧縮機本体と冷却器間を連通するガス流路を圧縮機ケーシング及び冷却器シェルが一体となった一体ケーシング中に形成できる。

【0034】

なお、このようなコンパクトな機器配置は、歯車増速機を持たないこと、および電動機軸に直接羽根車を取り付けることにより初めて実現できたものである。これを上記従来技術と比較すると、従来技術においては歯車増速機の低速歯車の外径が圧縮機ケーシングの外径よりはるかに大きく、低速軸と高速軸を同一高さに配置した場合、圧縮機と冷却器を接近させることが困難になる。本実施例によれば、上述したように装置の小型コンパクト化が極めて容易になる。そして、圧縮機本体と冷却器の接続は従来用いられていたボルト結合等ではなく、一体鋳造品であるから熱変形差に起因して生じる配管接続部からのガス漏れを防止できる。

20

【0035】

圧縮機本体ケーシングと冷却器シェルとは一体成形品であり、各段の圧縮機と各冷却器内部との間を作動ガスが流通できるように、第 1 段吐出ダクト 5、第 2 段吸込ダクト 6 および第 2 段吐出ダクト 7 が一体ケーシングに形成されている。そして、これらのダクトの外壁は圧縮機ケーシングを支えるように作用する。ここで、圧縮機本体と冷却器との間の距離を極力短くして、圧縮機全体を小型化すると共に適宜リブを配置して、十分な剛性を得ている。

30

【0036】

本実施例では、ダクト壁面が圧縮機の脚をも兼ねていること、およびダクト用に十分なスペースを確保できないこと、の理由でダクトの形状は流体力学的には必ずしも最適な通路になり得ない。しかしながら、圧縮機の吐出ガスは吐出コレクタ部に到るまでに十分減速されており、ダクト部で発生する損失は比較的少なく、ダクトと脚の兼用による省スペース化の効果が大きい。そして、中間冷却器 3a および吐出冷却器 3b はほぼ断面矩形であり、圧縮機本体の支持体として、十分な剛性および安定性を有している。したがって、冷却器 3 の下部に新たな台座を設ける必要がなく、コンパクトな 2 段遠心圧縮機が得られる。なお、鋳型の構造がやや複雑になるが、中間冷却器と吐出冷却器との間を仕切る仕切壁 40 を吐出冷却器側に位置をずらせば、吐出冷却器と中間冷却器の容積比を流体力学的に最適な比率にすることができる。この場合、吐出冷却器には余分な容積が無くなり、装置のさらに小型化が可能になる。なお、この例においても 2 つの冷却器の回転軸に対し直角方向の幅の中心と回転軸の幅方向中心位置を一致させれば、構造的に安定した一体ケーシングが得られる。

40

【0037】

電動機ケーシング 2 は、圧縮機ケーシング 1a、1b と全周では接続されおらず、およそ

50

下側半周でのみ圧縮機ケーシング1 a, 1 bと一体化されている。電動機ケーシング2と直接は接続されない圧縮機ケーシング1 a、1 bの上半部は、箱状の外壁9と接続されている。外壁9は、ケーブル配線用の空間30 a、30 bと連通した十分広い空間を電動機ケーシングの周囲に有している。上述したように、電動機や磁気軸受のケーブル引き出し部へのアクセスが容易となり、圧縮機組立時における結線作業の能率向上が可能である。

【0038】

次に、本発明に係る2段遠心圧縮機の第2の実施例を図10を用いて説明する。本実施例が第1の実施例と相違する点は、第1段圧縮機の作動ガスの吸込方向を回転軸の軸方向にしたことであり、その他の点では図1ないし図9に示した第1の実施例と同様である。すなわち、第2の実施例では、第1段圧縮機の吸込ケーシング39に、回転軸に垂直なフランジ面を有する吸込ノズル4nが形成されている。なお、この第2の実施例においては、圧縮機の回転軸方向前方に吸込絞り弁や吸込フィルタ等の補機を配置する必要がある。

10

【0039】

第1段圧縮機の作動ガスを軸方向から吸込むことにより、圧縮機構造がより簡素化され、第1段圧縮機の軸方向長さを短縮できる。そして、第1段羽根車21aの上流には長い直管状流路があるので、羽根車21aへ流入する作動ガスの流れ分布を改善でき、圧縮機の効率が向上する。なお、2段圧縮機についても、第1段圧縮機と同様に軸方向から作動ガスを吸込むことは可能であることは言うまでもない。

【0040】

次に、本発明の2段遠心圧縮機の第3の実施例を図11および図12を用いて説明する。図11は、図1におけるD矢視図に対応する図であり、図11において2点鎖線で囲んだ部分のみは、図1におけるE矢視図に対応する部分である。また、図12は、図1におけるH矢視図に対応する図である。本実施例が第1の実施例と相違する点は、ノズルとダクトの配置であり、その他の点は第1の実施例と同様である。

20

【0041】

第1段圧縮機の吐出ガスは吐出ダクト5nを通り中間冷却器3aへ導かれるが、第1の実施例の場合とは逆に、中間冷却器3aの吐出冷却器3b側の壁面40aに沿うように流入する。また、中間冷却器3aで冷却されたガスは、吐出圧縮機とは接しない側の壁面41aに沿って吸込ダクト6nへ導かれ、第2段圧縮機1bへほぼ半径方向に吸い込まれる。本実施例によれば、第1段圧縮機の吸込ノズル4mと吐出流路5nとが干渉しないので、第1の実施例とは180度向きを変えて中間冷却器3a側に吸込ノズル4mを配置できる。さらに吐出冷却器3bの吐出口8nと吸込ノズル4mとが干渉しないので、吐出冷却器3bの上壁面に吐出口8nを配置できる。このほか吸込ノズル4mの位置に関しては、冷却器等の構造物と干渉しない範囲で、任意の向きに配置することが可能である。つまり、吸込絞り弁や吸込フィルタ等の補機類の配置には依存するが、その他の点では全く自由に圧縮機全体の機器を配置できるので、よりコンパクトなパッケージ型の2段遠心圧縮機を実現できる。

30

【0042】

第1の実施例においては、中間冷却器側の壁面40aは中間冷却器3aで冷却された後のほぼ常温のガスに接しており、吐出冷却器側の壁面40bは第2段圧縮機の高温の吐出ガスに接している。これに対し、本実施例では仕切壁の両表面40a、40bは共に圧縮機の吐出ガスに接しており、仕切壁40の両表面間の温度差が小さい。したがって、本実施例によれば、仕切壁40を通じての熱移動量を低減でき、第2段圧縮機の吸込ガス温度が上昇することに起因する効率の低下を抑制できるとともに、仕切壁40の両表面間の温度差による熱応力の補圧制も低減できる。

40

【0043】

次に、図13を用いて本発明の第4の実施例について説明する。

第1の実施例において圧縮機上部に設けていた箱状の外壁9を上方に延長して、それ自体を端子箱18として利用している。すなわち端子箱18も圧縮機ケーシング1a、1bや電動機ケーシング2と一体鋳造されるので、ボルト類も含め部品点数を減らすことができ

50

、製造コストおよび組立コストを低減できる。本実施例によれば、端子箱 18 を圧縮機本体と一体に構成して、上部の蓋 42 を取り外すだけでほぼ矩形状の開口部が得られる。したがって、電動機や磁気軸受のケーブル配線作業が容易になる。

【0044】

以上述べた本発明の第 1 から第 4 のいずれの実施例においても、軸受として磁気軸受を用いる例を示したが、滑り軸受や転がり軸受であってもよいことは言うまでもない。要するに、圧縮機ケーシング 1 a、1 b、電動機ケーシング 2 および冷却器 3 a、3 b 等を一体に構成して、圧縮機のコンパクト化や低騒音、低振動化を実現するものは本発明の範疇に属するものである。

【0045】

10

【発明の効果】

以上述べたように、本発明の 2 段遠心圧縮機によれば、回転軸の中間部に電動機のロータを、この回転軸の両端部に遠心羽根車を取り付けて遠心羽根車を直接電動機で駆動し、電動機部と 2 段の圧縮機部とを覆う一体化ケーシングを設けたので、増速歯車手段が不要となり、装置が小型コンパクト化する。

【0046】

また、圧縮機段ケーシングと電動機部ケーシングが一体化されたので、組立工数及び部品点数が減ると共に圧縮機段と電動機部の位置決めが飛躍的に容易になり、原価の低減と信頼性の向上が可能になる。

【図面の簡単な説明】

20

【図 1】本発明に係る 2 軸遠心圧縮機の第 1 の実施例の正面図である。

【図 2】図 1 に示した本発明の第 1 の実施例の側面図である。

【図 3】図 1 に示した本発明の第 1 の実施例の側面図である。

【図 4】図 1 に示した本発明の第 1 実施例の縦断面図であり、圧縮機内部の詳細を示す図である。

【図 5】図 1 に示した本発明の第 1 実施例の縦断面図であり、圧縮機のケーシングの詳細を示す図である。

【図 6】図 1 に示した本発明の第 1 の実施例の横断面図であり、圧縮機のケーシングの詳細を示す図である。

【図 7】図 1 に示した本発明の第 1 の実施例の横断面図であり、圧縮機のケーシングの詳細を示す図である。

30

【図 8】図 1 に示した本発明の第 1 の実施例の横断面図であり、圧縮機のケーシングの詳細を示す図である。

【図 9】図 1 に示した本発明の第 1 の実施例の横断面図であり、圧縮機のケーシングの詳細を示す図である。

【図 10】本発明に係る 2 段遠心圧縮機の第 2 の実施例の縦断面図であり、圧縮機内部の詳細を示す図である。

【図 11】本発明に係る 2 段遠心圧縮機の第 3 の実施例の横断面図であり、圧縮機のケーシングの詳細を示す図である。

【図 12】図 11 に示した本発明の第 3 実施例の横断面図であり、圧縮機のケーシングの詳細を示す図である。

40

【図 13】本発明に係る 2 段遠心圧縮機の第 4 の実施例の正面図である。

【符号の説明】

1 … 圧縮機、1 a … 第 1 段圧縮機ケーシング、

1 b … 第 2 段圧縮機ケーシング、2 … 電動機、

3 … 冷却器、3 a … 中間冷却器、3 b … 吐出冷却器、

4、4 n、4 m … 第 1 段圧縮機吸込ノズル、

5、5 n … 第 1 段圧縮機吐出ダクト、6、6 n … 第 2 段圧縮機吸込ダクト、

7 … 第 2 段圧縮機吐出ダクト、8、8 n … 吐出冷却器吐出口、9 … 外壁、

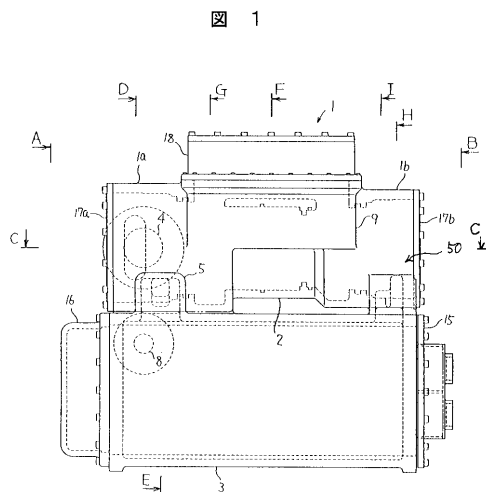
15 … 冷却器ヘッドカバー、15 a … 中間冷却器ヘッドカバー、

50

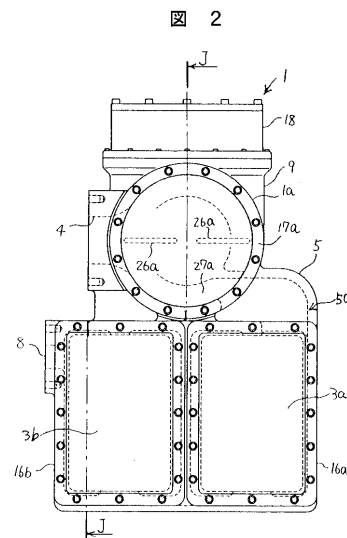
15b…吐出冷却器ヘッドカバー、16…冷却器エンドカバー、
 16a…中間冷却器エンドカバー、16b…吐出冷却器エンドカバー、
 17…圧縮機ヘッドカバー、17a…第1段圧縮機ヘッドカバー、
 17b…第2段圧縮機ヘッドカバー、18…端子箱、20…回転軸、
 21a…第1段圧縮機羽根車、21b…第2段圧縮機羽根車、
 22…電動機ステータ、23a、23b…ラジアル磁気軸受、
 24a、24b…アキシアル磁気軸受、25a、25b…インナケーシング、
 26a、26b…整流板、27a、27b…吐出コレクタ、
 28a、28b…ベアリングハウジング、
 29a、29b…アキシアルベアリングホルダ、
 30a、30b…ケーブル配線用空間、
 31a、31b…補助軸受、32…電動機ハウジング、
 33a、33b…ナット、
 34a、34b、34c、34d…冷却ガス取入口、
 35a、35b、35c、35d…冷却ガス分配溝、
 36a、36b、36c、36d…冷却ガス供給通路、
 37a、37b、37c…排気通路、38a、38b…ディフューザ、
 39…吸込ケーシング、40、40a、40b…冷却器仕切壁、
 41、41a、41b…冷却器壁面、42…蓋。

10

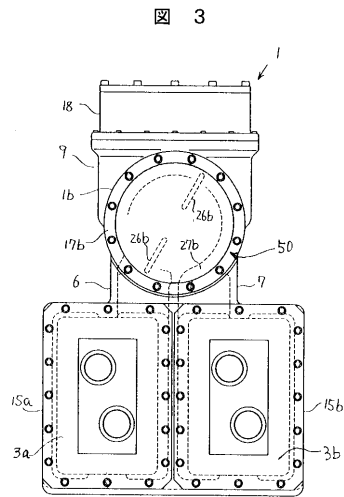
【図1】



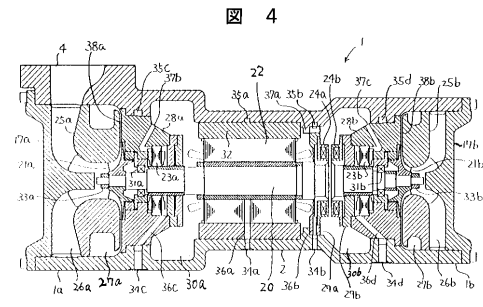
【図2】



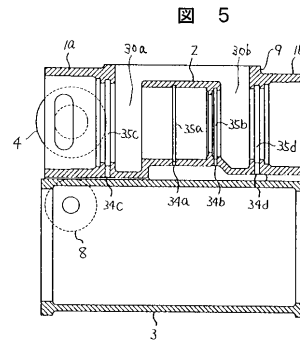
【図 3】



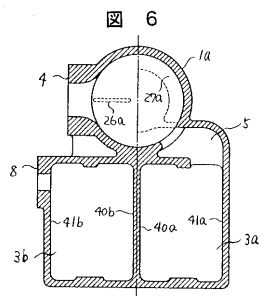
【図 4】



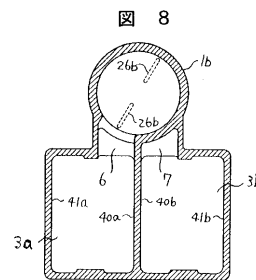
【図 5】



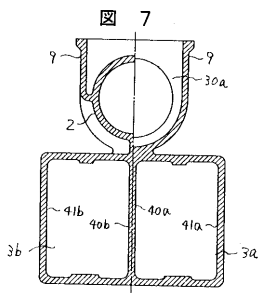
【図 6】



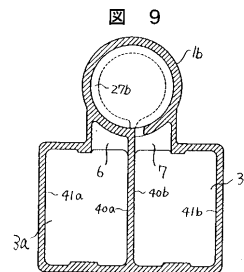
【図 8】



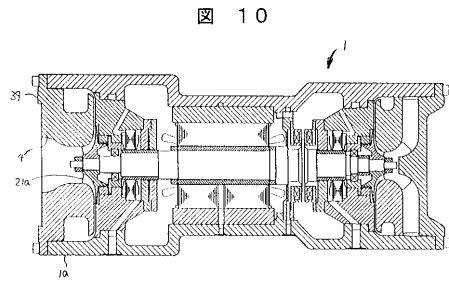
【図 7】



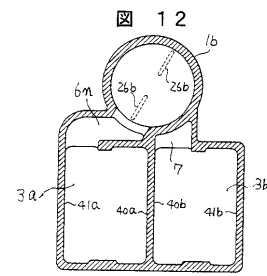
【図 9】



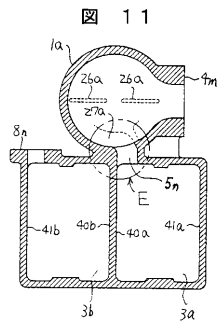
【図 10】



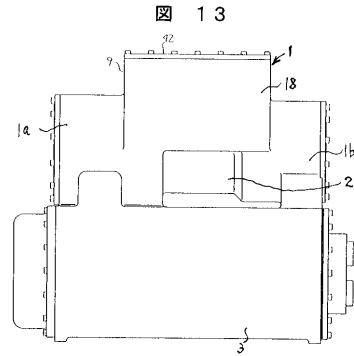
【図 12】



【図 11】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 西田 秀夫
茨城県土浦市神立町603番地 株式会社 日立製作所 土浦工場内
- (72)発明者 高橋 直彦
茨城県土浦市神立町603番地 株式会社 日立製作所 土浦工場内
- (72)発明者 福島 康雄
茨城県土浦市神立町603番地 株式会社 日立製作所 土浦工場内

合議体

審判長 深澤 幹朗

審判官 長馬 望

審判官 飯塚 直樹

- (56)参考文献 特開平8-93685 (JP, A)
特開平7-103162 (JP, A)
実開昭63-36691 (JP, U)
特開平8-144997 (JP, A)
特表平8-501367 (JP, A)
特表平9-509999 (JP, A)
特開平5-280487 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04D 29/42

F04D 17/12

H02K 7/09