



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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

バルブ軸部内の小径中空部をバルブ傘部内の大径中空部の底面まで延長することで、中空ポペットバルブの熱引き効果を改善する。傘部(14)内の円錐台形状の大径中空部(S1)が軸部(12)内の小径中空部(S2)に連通する中空ポペットバルブ(10)で、中空部(S2)を中空部(S1)の底面(キャップ(18)の裏側)まで延長するパイプ状の隔壁(15)を中空部(S1)内に設けて、中空部(S1,S2)を分離し、両中空部(S1,S2)に不活性ガス、冷却材(19)をそれぞれ装填する。バルブ(10)の開閉動作の際に中空部(S1)の冷却材(19)に作用する慣性力がタンブル流の形成にのみ利用されて、勢いのあるタンブル流がスムーズに形成され、バルブ傘表(18a)の熱の一部が中空部(S2)内の冷却材(19)を介し軸部(12)に直接伝達され、バルブ(10)の熱引き効果上がる。

明 細 書

発明の名称：中空ポペットバルブ

技術分野

[0001] ポペットバルブの傘部から軸部にかけて形成された中空部に不活性ガスとともに冷却材が装填された中空ポペットバルブに関する。

背景技術

[0002] 下記特許文献 1、2 等には、軸部の一端側に傘部を一体的に形成したポペットバルブの傘部から軸部にかけて中空部が形成され、バルブの母材よりも熱伝導率の高い冷却材（例えば、金属ナトリウム、融点約 98℃）が不活性ガスとともに中空部に装填された中空ポペットバルブが記載されている。

[0003] バルブの中空部は、傘部内から軸部内に延びており、それだけ多くの量の冷却材を中空部に装填できるので、バルブの熱伝導性（以下、バルブの熱引き効果という）を高めることができる。

[0004] 即ち、エンジンの駆動によって燃焼室は高温になるが、燃焼室の温度が高すぎると、ノッキングが発生して所定のエンジン出力が得られず、燃費の悪化（エンジンの性能の低下）につながる。そこで、燃焼室の温度を下げるために、燃焼室で発生する熱をバルブを介して積極的に熱伝導させる方法（バルブの熱引き効果を上げる方法）として、冷却材を不活性ガスとともに中空部に装填した種々の中空バルブが提案されている。

[0005] そして、従来（特許文献 1、2）では、傘部内の円盤状大径中空部と軸部内の直線状小径中空部間の連通部が滑らかな曲線領域（内径が徐々に変わる遷移領域）で構成されているが、この連通部が滑らかに連続する形状であることで、バルブの開閉動作（バルブの軸方向への往復動作）の際に冷却材（液体）が封入ガスとともに大径中空部と小径中空部間をスムーズに移動できて、バルブの熱引き効果が上がると考えられている。

[0006] 然るに、大径中空部と小径中空部間の連通部が滑らかに連続する形状であるため、バルブの開閉動作に合わせて大径中空部と小径中空部間で冷却材（

液体)がスムーズに移動できるが、中空部内の冷却材(液体)は上層部、中層部、下層部が攪拌されることなく互いに上下関係を保持したままの状態であらう方向に移動している。

[0007] このため、熱源に近い側の冷却材下層部における熱が冷却材中層部、上層部に積極的に伝達されず、熱引き効果(熱伝導性)が十分に発揮されない、ということが分かった。

[0008] そこで、特許文献3において、バルブ軸部内の直線状小径中空部をバルブ傘部内の円錐台形状の大径中空部の天井面にほぼ直交するように連通させて、大径中空部から小径中空部への冷却材のスムーズな移動を抑制することで、バルブの開閉動作(バルブの軸方向への往復動作)の際に、大径中空部内の冷却材にバルブの中心軸線周りに縦方向の旋回流(以下、この縦方向の旋回流をタンブル流という)が形成されて、中空部内の冷却材が積極的に攪拌され、バルブの熱引き効果(熱伝導性)が改善される、という発明が出願(提案)された。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1: WO2010/041337

特許文献2: 特開2011-179328

特許文献3: PCT/JP2012/075452 (2012年10月2日出願)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかし、特許文献3の発明は、円錐台形状の大径中空部の天井面に直線状の小径中空部が連通する構造で、バルブの開閉動作の際に、冷却材の一部が連通部を介して大径中空部と小径中空部間で移動できるため、大径中空部内の冷却材に形成されるタンブル流の勢いがそれだけ弱くなる。このため、冷却材が十分に攪拌されず、熱引き効果(熱伝導性)が十分に発揮されていない(第1の問題点)。

[0011] さらには、高温にさらされるバルブ傘表の熱は、大径中空部内の冷却材を介してバルブ傘部全体に伝達されるものの、連通部を介しての冷却材の移動がスムーズでないためバルブ軸部には効率よく伝達されず、この点においても熱引き効果が十分に発揮されていない(第2の問題点)。

[0012] そこで発明者は、特許文献3の発明の最大の特徴、即ち、「バルブ傘部内の大径中空部を略円錐台形状に形成することで、バルブの開閉動作の際に、大径中空部内の冷却材にタンブル流を形成する」という構成を前提として、大径中空部の天井面と底面との間にパイプ状の隔壁を設けて、小径中空部を大径中空部の底面(バルブ傘表の裏側)まで延長して大径中空部に対し分離し、両中空部に不活性ガスとともに冷却材をそれぞれ装填すれば、バルブの開閉動作の際に両中空部内の冷却材はそれぞれの中空部内を上下方向にスムーズに移動し、特に、大径中空部では、冷却材に作用する慣性力がタンブル流の形成だけに利用されるので、勢いのあるタンブル流がスムーズに形成されて、前記した第1の問題が解決できるし、バルブ傘表の熱の一部が小径中空部内の冷却材を介してバルブ軸部に直接伝達されることで、前記した第2の問題も解決できる、と考えた。

[0013] 本発明は、先行文献に対する発明者の前記した知見に基づいてなされたもので、その目的は、バルブ傘部内の大径中空部にパイプ状の隔壁を設けて、バルブ軸部内の小径中空部を大径中空部の底面(バルブ傘表の裏側)まで延長しかつ大径中空部に対し分離することで、熱引き効果を改善する中空ポペットバルブを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] 前記目的を達成するために、本発明(請求項1)に係る中空ポペットバルブにおいては、軸部の一端側に傘部を一体的に形成したポペットバルブの傘部から軸部にかけて中空部が形成され、前記中空部に不活性ガスとともに冷却材が装填された中空ポペットバルブにおいて、

前記バルブ傘部内には、該傘部の外形に略倣うテーパ形状の外周面を備えた略円錐台形状の大径中空部を設け、前記バルブ軸部内には、前記大径中空

部の天井面に対し略直交して連通する直線状の小径中空部を設け、

前記大径中空部の底面と天井面間に、前記小径中空部を大径中空部の底面（バルブ傘表の裏側）まで延長して、該小径中空部を前記大径中空部に対し分離するパイプ状の隔壁を介装するとともに、分離された両中空部には、不活性ガスとともに冷却材をそれぞれ装填して、前記バルブが軸方向に往復動作する際に、前記大径中空部内の冷却材にバルブの中心軸線周りにタンブル流が形成されるように構成した。

[0015] なお、大径中空部の底面と天井面間に介装されて、小径中空部を大径中空部の底面（バルブ傘表の裏側）まで延長して、該小径中空部を前記大径中空部に対し分離するパイプ状の隔壁としては、第1の実施例に示すように、バルブ軸部側にパイプ状の隔壁を一体化した構造と、第2の実施例に示すように、バルブ傘表を構成するキャップの裏側にパイプ状の隔壁を一体化した構造とが考えられる。

[0016] また、中空部における冷却材の装填量は、一般的には、多いほど熱引き効果（熱伝導性）に優れるが、多くなればなるほど装填量に対する熱引き効果が上がらないし、特に大径中空部内に装填する冷却材については、多過ぎるとタンブル流が形成されにくくなるので冷却材の装填量は、それぞれの中空部の容積の約1/2から4/5程度が望ましい。

[0017] （作用）バルブが閉弁状態から開弁状態に移行する際（バルブが下降する際）は、図2（a）に示すように、小径中空部および大径中空部内の冷却材（液体）には、それぞれ慣性力が上向きに作用するため、それぞれ上方に移動する。

[0018] 詳しくは、バルブ軸部内の小径中空部は直線状に延びているので、小径中空部内の冷却材全体がスムーズに上方に移動する。一方、バルブ傘部内の大径中空部は、傘部の外形に略倣うテーパ形状の外周面を備え、パイプ状の隔壁を内周面とする円環状の略円錐台形状に形成されているので、図2（a）に示すように、大径中空部中央寄りの冷却材に作用する慣性力（上向き）が大径中空部周辺寄りの冷却材に作用する慣性力よりも大きい。このため、図

3 (a) に示すように、大径中空部中央寄りから天井面に沿って半径方向外側に向かう流れF 1が発生する。このとき、大径中空部の底面側では、大径中空部中央寄りの冷却材が上方に移動することで、大径中空部中央寄りの底面側が負圧になって、半径方向外側から内側に向かう流れF 3が発生し、これに伴って、大径中空部のテーパ形状外周面に沿って下方に向かう流れF 2が発生する。

[0019] 即ち、大径中空部内の冷却材には、矢印F 1→F 2→F 3→F 1に示すように、バルブの中心軸線の周りに縦方向外回りの旋回流（以下、外回りのタンブル流という）T 1が形成される。

[0020] また、バルブが開弁状態から閉弁状態に移行する際（バルブが上昇する際）は、図2 (b) に示すように、小径中空部および大径中空部内の冷却材（液体）には、それぞれ慣性力が下向きに作用するため、それぞれ下方に移動する。

[0021] 詳しくは、小径中空部内では、バルブが開弁状態から閉弁状態に移行する際に上方に移動した冷却材全体がスムーズに下方に移動する。一方、大径中空部内では、大径中空部中央寄りの冷却材に作用する慣性力（下向き）は、図2 (b) に示すように、大径中空部周辺寄りの冷却材に作用する慣性力よりも大きい。このため、図3 (b) に示すように、大径中空部内の冷却材には、大径中空部中央寄りから底面に沿って半径方向外方に向かう流れF 6が発生する。このとき、大径中空部の天井面側では、大径中空部中央寄りの冷却材が下方に移動することで、大径中空部中央寄りの天井面側が負圧になって、半径方向外側から内側に向かう流れF 8が発生し、これに伴って、大径中空部のテーパ形状外周面に沿って上方に向かう流れF 7が発生する。

[0022] 即ち、大径中空部の冷却材には、矢印F 6→F 7→F 8→F 6に示すように、バルブの中心軸線の周りに縦方向内回りの旋回流（以下、内回りのタンブル流という）T 2が形成される。

[0023] このように、バルブが開閉動作することで、バルブの大径中空部内の冷却材には、図3に示すタンブル流T 1, T 2が形成されて、大径中空部内全体

の冷却材の上層部、中層部、下層部が積極的に攪拌されるため、バルブの熱引き効果（熱伝導性）が著しく改善される。

[0024] なお、先行特許文献3では、大径中空部の天井面に小径中空部が連通する構造であるため、バルブの開閉動作の際に、冷却材の一部が連通部を介して大径中空部と小径中空部間で移動し、大径中空部内の冷却材に形成されるタンブル流の勢いがそれだけ弱くなって、大径中空部内の冷却材が十分に攪拌されないおそれがあるのに対し、請求項1では、大径中空部と小径中空部が隔壁で分離されているため、バルブの開閉動作の際に両中空部内の冷却材はそれぞれの中空部内を上下方向にスムーズに移動し、特に、大径中空部では、冷却材に作用する慣性力がタンブル流の形成だけに利用されるので、勢いのあるタンブル流がスムーズに形成されて、冷却材が十分に攪拌され、バルブ傘部における熱引き効果が高くなる。

[0025] そして、高温にさらされるバルブ傘表の熱の大半は、大径中空部内の冷却材を介してバルブ傘部に効率よく伝達され、さらにバルブ傘表の熱の一部は、大径中空部の底面まで延びた小径中空部内の冷却材を介してバルブ軸部に直接伝達されるので、バルブ全体の熱引き効果（熱伝導性）が高くなる。

[0026] 請求項2においては、請求項1に記載の中空ポペットバルブにおいて、前記小径中空部を画成するバルブ軸部の内周面と前記パイプ状の隔壁の内周面を面一に構成した。

[0027] （作用）バルブ軸部内からバルブ傘表の裏側まで延びる小径中空部の内周面は、パイプ状の隔壁を含めて軸方向に面一に形成されているので、バルブが開閉動作する際（バルブが上下動作する際）の小径中空部内の冷却材の上下方向への移動がいっそうスムーズになる分、バルブ傘表の熱のバルブ軸部への伝達が活発となる。

[0028] 請求項3においては、請求項1または2に記載の中空ポペットバルブにおいて、前記バルブ軸端部寄りの小径中空部の内径を前記バルブ傘部寄り小径中空部の内径よりも大きく形成して、前記小径中空部内の軸方向所定位置に円環状の段差部を設けるとともに、前記段差部を越えた位置まで前記冷却材

を装填するように構成した。

[0029] (作用) バルブが閉弁状態から開弁状態に移行する際(バルブが下降する際)は、小径中空部内の冷却材(液体)が、内径の小さいバルブ傘部寄りの小径中空部から内径の大きいバルブ軸端部寄りの小径中空部に移動する際に、図3(a)に示すように、段差部の下流側で乱流F9が形成されて、小径中空部内の冷却材が攪拌される。

[0030] 一方、バルブが開弁状態から閉弁状態に移行する際(バルブが上昇する際)は、開弁動作によって小径中空部内を上方にいったん移動した冷却材(液体)が、内径の大きいバルブ軸端部寄りの小径中空部から内径の小さいバルブ傘部寄りの小径中空部に移動する際に、図3(b)に示すように、円環状の段差部の下流側で乱流F10が形成されて、小径中空部内の冷却材が攪拌される。

[0031] このように、バルブの開閉動作(上下方向の動作)に伴って、冷却材が小径中空部内を軸方向に移動する際に段差部の近傍に乱流が発生し、これによって小径中空部内の冷却材が攪拌されるので、バルブ軸部における熱引き効果(熱伝導性)がさらに高くなる。

発明の効果

[0032] 本発明に係る中空ポペットバルブによれば、バルブの開閉動作(上下方向の移動動作)の際に、小径中空部内の冷却材全体が軸方向にスムーズに移動するとともに、大径中空部内の冷却材全体がタンブル流によって積極的に攪拌されて、バルブ傘表の熱の大半が大径中空部内の冷却材を介してバルブ傘部に効率よく伝達されるとともに、バルブ傘表の熱の一部が小径中空部内の冷却材を介してバルブ軸部に直接伝達されるので、バルブ傘部における熱引き効果(熱伝導性)が著しく改善されて、エンジンの性能が向上する。

[0033] 請求項2によれば、小径中空部内の冷却材の軸方向への移動がいっそうスムーズになる分、小径中空部内の冷却材による熱伝達効率が上がり、バルブの熱引き効果(熱伝導性)がさらに改善される。

[0034] 請求項3によれば、バルブの開閉動作(上下方向の動作)に伴って、小径中

空部内の冷却材も積極的に攪拌されるので、バルブの熱引き効果（熱伝導性）がさらにいっそう改善される。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]本発明の第1の実施例である中空ポペットバルブの縦断面図である。

[図2]同中空ポペットバルブが軸方向に往復動作する際の中空部内の冷却材に作用する慣性力を示す図で、（a）は開弁動作（下降動作）時の冷却材に作用する慣性力を示す断面図、（b）は閉弁動作（上昇動作）時の冷却材に作用する慣性力を示す断面図である。

[図3]同中空ポペットバルブが開閉動作（軸方向に往復動作）する際の中空部内の冷却材の動きを拡大して示す図で、（a）は閉弁状態から開弁状態に移行する際の冷却材の動きを示す図で、（b）は開弁状態から閉弁状態に移行する際の冷却材の動きを示す図である。

[図4]同中空ポペットバルブの製造工程を示し、（a）はバルブ中間品であるシェルを鍛造する熱間鍛造工程、（b）は傘部寄り小径中空部に相当する孔を穿設する孔穿設工程、（c）は軸端部寄り小径中空部に相当する孔を穿設する孔穿設工程、（d）は隔壁圧入用の段差部を形成する段差部形成工程、（e）は軸端部材を軸接する軸接工程、（f）は隔壁を圧入・ロウ付けする隔壁圧入・ロウ付け工程、（g）は小径中空部および大径中空部に冷却材をそれぞれ充填する冷却材充填工程、（h）は傘部外殻の凹部（大径中空部）の開口部にキャップを接合する工程（大径中空部密閉工程）を示す図である。

[図5]本発明の第2の実施例である中空ポペットバルブの縦断面図である。

[図6]同中空ポペットバルブの製造工程を示し、（a）はバルブ中間品であるシェルを鍛造する熱間鍛造工程、（b）は小径中空部に相当する孔を穿設する孔穿設工程、（c）は孔の開口部に隔壁圧入用の段差部を形成する段差部形成工程、（d）は小径中空部および大径中空部に冷却材をそれぞれ充填する冷却材充填工程、（e）はキャップ側の隔壁を孔に圧入し傘部外殻の凹部（大径中空部）の開口部にキャップを接合する工程（大径中空部密閉工程）

を示す図である。

発明を実施するための形態

[0036] 次に、本発明の実施の形態を実施例に基づいて説明する。

[0037] 図1～図4は、本発明の第1の実施例である内燃機関用の中空ポペットバルブを示す。

[0038] これらの図において、符号10は、真っ直ぐに延びるバルブ軸部12の一端側に、外径が徐々に大きくなるR形状のフィレット部13を介して、バルブ傘部14が一体的に形成された耐熱合金製の中空ポペットバルブで、バルブ傘部14の外周には、テーパ形状のフェース部16が設けられている。

[0039] 中空ポペットバルブ10の内部には、バルブ傘部14内の大径中空部S1とバルブ軸部12内の小径中空部S2が直交するように配設され、両中空部S1、S2は、円パイプ状の隔壁15によって分離されるとともに、各々の中空部S1、S2には、不活性ガスとともに冷却材19がそれぞれ装填されている。

[0040] 大径中空部S1の外形は、円形の天井面14b1およびバルブ傘部14の外形に略倣うテーパ形状の外周面14b2を備えた円錐台形状に形成され、小径中空部S2は、バルブ軸部12と同軸の細長い円柱形状に形成されている。

[0041] 即ち、バルブ軸部12内の小径中空部S2は、該小径中空部S2の大径中空部S2への開口部に固定一体化されてその先端部が大径中空部S2の底面に圧接する円パイプ状の隔壁15によって、大径中空部S2の底面まで延長されている。このため、大径中空部S2は、小径中空部S2の延長された下端部を画成する円パイプ状の隔壁15を取り囲む円環状の空間（テーパ形状の外周面14b2と円パイプ状の隔壁15を内周面とする円環状の略円錐台形状の空間）で構成されている。換言すれば、バルブ軸部12内の小径中空部S2は、大径中空部S2の天井面14b1と底面間に介装された円パイプ状の隔壁15によって、大径中空部S2を貫通して大径中空部S2の底面まで延長されることで、隔壁15回りに画成された大径中空部S2に対し分離

されている。

[0042] 詳しくは、小径中空部S 2に相当する孔が形成された軸部1 2 aの一端側に傘部外殻1 4 aを一体的に形成したバルブ中間品である軸一体型シェル（以下、単にシェルという）1 1と、傘部外殻1 4 aの凹部1 4 bにおける小径中空部S 2の開口部に固定一体化された円パイプ状の隔壁1 5と、傘部外殻1 4 aの凹部1 4 bの開口側内周面1 4 cに接合されてバルブ傘表1 8 aを構成する円盤形状のキャップ1 8と、シェル1 1の軸部1 2 aに軸接された軸端部材1 2 bとによって、バルブ傘部1 4内の大径中空部S 1とバルブ軸部1 2内の小径中空部S 2が分離された中空ポペットバルブ1 0が構成され、中空部S 1, S 2には、金属ナトリウム等の冷却材1 9がアルゴンガスなどの不活性ガスとともにそれぞれ装填されている。冷却材1 9の装填量としては、例えば、中空部S 1, S 2の容積のほぼ1 / 2 ~ 4 / 5の量がそれぞれ装填されている。

[0043] また、中空部における冷却材の装填量は、一般的には、多いほど熱引き効果（熱伝導性）に優れるが、多くなればなるほど装填量に対する熱引き効果が上がらないし、特に大径中空部内に装填する冷却材については、多過ぎるとタンブル流が形成されにくくなるので、冷却材の装填量は、それぞれの中空部の容積の約1 / 2から4 / 5程度が望ましい。

[0044] また、大径中空部S 1を画成する傘部外殻1 4 aの凹部1 4 b（の円形の底面1 4 b 1）に開口する小径中空部S 2の開口部には、パイプ状の隔壁1 5の厚さおよび圧入代を考慮した内径および深さをもつ段差部1 5 aが形成されており、段差部1 5 aに圧入固定された隔壁1 5の内周面は、バルブ軸部1 2内の直線状の小径中空部S 2の内周面と面一に構成されるとともに、隔壁1 5の大径中空部S 1内への突出量は、大径中空部S 1の底面を画成するキャップ1 8に圧接するように設定されている。

[0045] なお、図1における符号2はシリンダヘッド、符号6は燃焼室4から延びる排気通路で、排気通路6の燃焼室4への開口周縁部には、バルブ1 0のフェース部1 6が当接できるテーパ面8 aを備えた円環状のバルブシート8が

設けられている。符号3はシリンダヘッド2に設けられたバルブ挿通孔で、バルブ挿通孔3は、バルブ10の軸部12が摺接する円筒形状のバルブガイド3aで構成されている。符号9は、バルブ10を閉弁方向（図1の上方向）に付勢するバルブスプリング、符号12cは、バルブ軸部12の端部に設けられたコッタ溝である。

[0046] また、燃焼室4や排気通路6の高温ガスにさらされる部位である、シェル11およびキャップ18は、耐熱鋼で構成されているのに対し、機械的強度が要求されるものの、シェル11およびキャップ18ほどの耐熱性が要求されない軸端部材12bについては、一般的な鋼材で構成されている。

[0047] このように構成された中空ポペットバルブ10では、後で詳しく説明するが、バルブ10が開閉動作する際に、大径中空部S1内の冷却材19は、作用する慣性力によって上下方向に移動する際に、図3(a), (b)に示すように、タンブル流T1, T2が形成されて、冷却材19の上層部, 中層部, 下層部が積極的に攪拌されることとなって、バルブ10の傘部14の熱引き効果（熱伝導性）が大幅に改善されている。

[0048] また、小径中空部S2は、内径d1が比較的大きいバルブ軸端部寄りの小径中空部S21と、内径d2が比較的小さい（ $d2 < d1$ ）バルブ傘部14寄りの小径中空部S22で構成されて、小径中空部S21, S22間には、円環状の段差部17が形成されるとともに、段差部17を越えた位置まで冷却材19が装填されている。

[0049] このため、後で詳しく説明するが、小径中空部S2内の冷却材19が、バルブ10が開閉動作する際に作用する慣性力によって上下方向に移動する際に、図3(a), (b)に示すように、段差部17近傍に乱流F9, F10が発生し、冷却材19が攪拌されることとなって、バルブ軸部12における熱引き効果（熱伝導性）が改善されている。

[0050] 次に、バルブ10が開閉動作する際の中空部S1, S2内の冷却材19の動きを、図2, 3に基づいて詳しく説明する。

[0051] バルブ10が閉弁状態から開弁状態に移行する際（バルブ10が下降する

際)は、図2(a)に示すように、小径中空部S2および大径中空部S1内の冷却材(液体)19には、それぞれ慣性力が上向きに作用するため、それぞれ上方に移動する。

[0052] 詳しくは、大径中空部S1は、円パイプ状の隔壁15を内周面とし、傘部14の外形に略倣うテーパ形状の外周面14b2を備えた円環状の略円錐台形状に形成されているので、図2(a)に示すように、大径中空部S1中央寄りの冷却材に作用する慣性力(上向き)が大径中空部周辺寄りの冷却材に作用する慣性力よりも大きい。このため、図3(a)に示すように、大径中空部S1中央寄りから天井面14b1に沿って半径方向外側に向かう流れF1が発生する。このとき、大径中空部S1の底面側では、大径中空部S1中央寄りの冷却材が上方に移動することで、大径中空部S1中央寄りの底面側が負圧になって、半径方向外側から内側に向かう流れF3が発生し、これに伴って、大径中空部S1のテーパ形状外周面14b2に沿って下方に向かう流れF2が発生する。

[0053] このように、大径中空部S1内の冷却材19には、矢印F1→F2→F3→F1に示すように、バルブの中心軸線Lの周りに外回りのタンブル流T1が形成される。

[0054] また、小径中空部S2は直線状に延びているので、冷却材19全体がスムーズに上方に移動し、図3(a)に示すように、冷却材19が上方に移動する際に、段差部17近傍の下流側に乱流F9が発生する。

[0055] 一方、バルブ10が開弁状態から閉弁状態に移行する際(バルブ10が上昇する際)は、図2(b)に示すように、小径中空部S2および大径中空部S1内の冷却材(液体)19には、それぞれ慣性力が下向きに作用するため、それぞれ下方に移動する。

[0056] 大径中空部S1内では、大径中空部S1中央寄りの冷却材19に作用する慣性力(下向き)は、図2(b)に示すように、大径中空部S1周辺寄りの冷却材19に作用する慣性力よりも大きい。このため、図3(b)に示すように、大径中空部S1内の冷却材19には、大径中空部S1中央寄りから底

面に沿って半径方向外側に向かう流れF 6が発生する。このとき、大径中空部S 1の天井面1 4 b 1側では、大径中空部S 1中央寄りの冷却材1 9が下方に移動することで、大径中空部S 1中央寄りの天井面1 4 b 1側が負圧になって、半径方向外側から内側に向かう流れF 8が発生し、これに伴って、大径中空部S 1のテーパ形状外周面1 4 b 2に沿って上方に向かう流れF 7が発生する。

[0057] 即ち、大径中空部S 1の冷却材1 9には、矢印F 6→F 7→F 8→F 6に示すように、バルブ1 0の中心軸線Lの周りに内回りのタンブル流T 2が形成される。

[0058] また、小径中空部S 2は直線状に延びているので、バルブ1 0が開弁状態から閉弁状態に移行する際（バルブ1 0が上昇する際）にいったん上昇した冷却材1 9全体がスムーズに下方に移動し、図3（b）に示すように、冷却材1 9が下方に移動する際に、段差部1 7近傍の下流側に乱流F 1 0が発生する。

[0059] このように、バルブ1 0の小径中空部S 2内の冷却材1 9は、バルブ1 0が開閉動作する際に発生する乱流F 9， F 1 0によって攪拌され、バルブ1 0の大径中空部S 1内の冷却材1 9は、バルブ1 0が開閉動作する際に形成されるタンブル流T 1， T 2によって、上層部、中層部、下層部が積極的に攪拌されるため、バルブ1 0の熱引き効果（熱伝導性）が著しく高められている。

[0060] 特に、高温にさらされるバルブ傘表1 8 aの熱の一部が、バルブ1 0の開閉動作の際に、大径中空部S 1の底面まで延びている小径中空部S 2内の冷却材1 9を介してバルブ軸部1 2に直接伝達されるので、バルブ1 0における熱引き効果（熱伝導性）がさらに高められている。

[0061] また、小径中空部S内の段差部1 7は、図1に示すように、バルブガイド3の排气通路6に臨む側の端部3 bに略対応する位置に設けられて、内径の大きい軸端部寄り小径中空部S 2 1を軸方向に長く形成することで、バルブ1 0の耐久性を低下させることなく、バルブ軸部1 2の冷却材1 9との接触

面積が増えて、バルブ軸部 1 2 の熱伝達効率が上がり、小径中空部 S 2 1 形成壁が薄肉となって、バルブ 1 0 も軽量となる。即ち、小径中空部 S 2 内の段差部 1 7 は、図 1 の仮想線に示すように、バルブ 1 0 が開弁(下降)しきった状態で、排気通路 6 内とならない所定位置（バルブ軸部 1 2 における薄肉の小径中空部 S 2 1 形成壁が排気通路 6 内の熱の影響を受けにくい、バルブ挿通孔 3 内の所定位置）に設けられている。図 1 の符号 1 7 X は、バルブ 1 0 が開弁(下降)しきった状態での段差部 1 7 の位置を示す。

[0062] 詳しくは、金属の疲労強度は高温になるほど低下するため、常に排気通路 6 内であって高熱にさらされる部位である、バルブ軸部 1 2 におけるバルブ傘部 1 4 寄りの領域は、疲労強度の低下に耐え得る程度の肉厚に形成する必要がある。一方、熱源から離れ、しかも常にバルブガイド 3 a に摺接する部位である、バルブ軸部 1 2 における軸端部寄りの領域は、冷却材 1 9 を介して燃焼室 4 や排気通路 6 の熱が伝達されるものの、伝達された熱はバルブガイド 3 a を介して直ちにシリンダヘッド 2 に放熱されるため、バルブ傘部 1 4 寄りの領域ほどの高温となることがない。

[0063] 即ち、バルブ軸部 1 2 における軸端部寄り領域は、バルブ傘部 1 4 寄りの領域よりも疲労強度が低下しないため、薄肉に形成（小径中空部 S 2 1 の内径を大きく形成）しても、強度的（疲労により折損する等の耐久性）には問題がない。

[0064] そこで、本実施例では、小径中空部 S 2 1 の内径を大きく形成して、第 1 には、小径中空部 S 2 全体の表面積（冷却材 1 9 との接触面積）を増やすことで、バルブ軸部 1 2 における熱伝達効率が高められている。第 2 には、小径中空部 S 2 全体の容積を増やすことで、バルブ 1 0 の総重量が軽減されている。

[0065] また、バルブの軸端部材 1 2 b は、シェル 1 1 ほどの耐熱性が要求されないため、シェル 1 1 の材料よりも耐熱性の低い廉価材を用いることで、バルブ 1 0 を安価に提供できる。

[0066] 次に、中空ポペットバルブ 1 0 の製造工程を、図 4 に基づいて説明する。

- [0067] まず、図4（a）に示すように、熱間鍛造により、大径中空部S1に相当する円錐台形状の凹部14bを設けた傘部外殻14aと軸部12aとを一体的に形成したシェル11を成形する。傘部外殻14aの凹部14bの底面14b1は、軸部12a（シェル11の中心軸線L）に対し直交する平面で形成されている。
- [0068] 熱間鍛造工程としては、金型を順次取り替える押し出し鍛造で、耐熱鋼製ブロックからシェル11を製造する押し出し鍛造、またはアップセッタで耐熱鋼製棒材の端部に球状部を据え込んだ後に、金型を用いてシェル11（の傘部外殻14a）を鍛造する据え込み鍛造のいずれであってもよい。なお、熱間鍛造工程において、シェル11の傘部外殻14aと軸部12aとの間には、R形状フィレット部13が形成され、傘部外殻14aの外周面には、テーパ形状フェース部16が形成される。
- [0069] 次に、図4（b）に示すように、傘部外殻14aの凹部14bが上向きとなるようにシェル11を配置し、傘部外殻14aの凹部14b側から、傘部寄り小径中空部S22に相当する円孔14eをドリル加工により穿設する（孔穿設工程）。
- [0070] 次に、図4（c）に示すように、軸部12aの端部側から、軸端部寄り小径中空部S21に相当する円孔14fをドリル加工により穿設する（孔穿設工程）。
- [0071] 次に、図4（d）に示すように、傘部外殻14aの凹部14bにおける円孔14eの開口側に、隔壁15を圧入するための段差部15aを切削加工またはドリル加工により形成する（段差部形成工程）。
- [0072] 次に、図4（e）に示すように、シェル11の軸部12aに軸端部材12bを軸接する（軸端部材軸接工程）。
- [0073] 次に、図4（f）に示すように、傘部外殻14aの凹部14bに開口する円孔14eの段差部15aに、パイプ状の隔壁15を圧入し、必要に応じてロウ付けする（隔壁圧入・ロウ付け工程）。
- [0074] 次に、図4（g）に示すように、円孔14eおよび凹部14bに冷却材（

固体) 19をそれぞれ所定量充填する(冷却材充填工程)。

[0075] 次に、図4(h)に示すように、アルゴンガス雰囲気下で、傘部外殻14aの凹部14b(の開口側内周面14c)にキャップ18を配し、パイプ状の隔壁15の先端部にキャップ18を押圧保持した状態で、キャップ18を傘部外殻14aの凹部14bに接合(例えば、抵抗接合)して、大径中空部S1を密閉(大径中空部密閉工程)する。最後に、軸端部にコッタ溝12cを形成する加工を施すことで、バルブ10が完成する。キャップ18の接合は、抵抗接合に代えて、電子ビーム溶接やレーザー溶接等を採用してもよい。

[0076] なお、図4(c)に示す孔穿設工程と図4(d)に示す段差部形成工程は、いずれの工程を先に行ってもよい。

[0077] 図5, 6は、本発明の第2の実施例である中空ポペットバルブを示す。

[0078] 前記した第1の実施例の中空ポペットバルブ10では、シェル11の傘部外殻14aの凹部14bに開口する小径中空部S2の開口部(段差部15a)に固定一体化された円パイプ状の隔壁15が、バルブ軸部12内の小径中空部S2を大径中空部S1の底面(キャップ18の裏面)まで延長するとともに、小径中空部S2を大径中空部S1に対し分離しているが、この第2の実施例の中空ポペットバルブ10Aでは、バルブ傘表18aを構成するキャップ18の裏側に、小径中空部S2'を大径中空部S1の底面(キャップ18の裏面)まで延長するとともに、小径中空部S2'を大径中空部S1に対し分離する、円パイプ状の隔壁15Aが固定一体化されている。

[0079] 即ち、キャップ18の裏面側には、パイプ状の隔壁15Aが例えばロウ付けや溶接により固定一体化されており、一方、シェル11A(の傘部外殻14aの凹部14b)における小径中空部S2'の開口部には、キャップ18に一体化されたパイプ状の隔壁15Aの先端部を圧入できる段差部15bが形成されている。

[0080] そして、パイプ状の隔壁15Aの先端部を傘部外殻14aの凹部14b中央の段差部15bに圧入した状態で、キャップ18がシェル11Aの傘部外

殻14aの凹部14b（の開口内周14c）に接合（たとえば、抵抗接合）されることで、大径中空部S1が密閉されている。また、パイプ状の隔壁15Aの先端部が小径中空部S2'の段差部15bに圧入保持されることで、大径中空部S1に対し分離された小径中空部S2'も密閉されている。これらの密閉された大径中空部S1および小径中空部S2'には、金属ナトリウム等の冷却材19がアルゴンガスなどの不活性ガスとともにそれぞれ装填されている。

[0081] また、段差部15bに圧入固定された隔壁15Aの内周面は、バルブ軸部12内の直線状の小径中空部S2'の内周面と面一に構成されて、バルブ10Aが開閉動作する際（バルブ10Aが上下動作する際）に、小径中空部S2'内の冷却材19が上下方向にスムーズに移動できる。

[0082] また、本実施例のバルブ10Aの小径中空部S2'は、軸方向に一定の内径で構成されて、第1の実施例のバルブ10の小径中空部S2に形成されている段差部17がないため、バルブ10Aが開閉動作する際に、小径中空部S2'内の冷却材19には乱流が発生しない。

[0083] その他の構成は、前記した第1の実施例に係る中空ポペットバルブ10と同一であり、同一の符号を付すことで、その重複した説明は省略する。

[0084] 次に、中空ポペットバルブ10Aの製造工程を、図6に基づいて説明する。

[0085] まず、図6(a)に示すように、熱間鍛造により、円錐台形状の凹部14bを設けた傘部外殻14aとバルブ軸部12とを一体的に形成したシェル11Aを成形する。

[0086] 次に、図6(b)に示すように、傘部外殻14aの凹部14bが上向きとなるようにシェル11Aを配置し、傘部外殻14aの凹部14b側から小径中空部S2'に相当する円孔14e'をドリル加工により穿設する（孔穿設工程）。

[0087] 次に、図6(c)に示すように、傘部外殻14aの凹部14bにおける円孔14e'の開口部に、パイプ状の隔壁15Aを圧入するための段差部15

bを切削加工またはドリル加工により形成する（隔壁圧入孔形成工程）。

[0088] 次に、図6（d）に示すように、傘部外殻14aの円孔14e'および凹部14bに冷却材（固体）19をそれぞれ所定量充填する（冷却材充填工程）。冷却材（固体）19は、常温では粘土状であることから、細い棒状にして円孔14e'に挿入できるし、環状にして傘部外殻14aの凹部14b内所定位置に充填することもできる。

[0089] 次に、図6（e）に示すように、アルゴンガス雰囲気下で、傘部外殻14aの凹部14bにおける円孔14e'の段差部15bにパイプ状の隔壁15Aを圧入しつつ、キャップ18を傘部外殻14aの凹部14bの開口側内周面14cに配し、キャップ18を傘部外殻14aに接合する。最後に軸端部にコッタ溝12cを形成する加工を施すことで、バルブ10Aが完成する。

[0090] この第2の実施例のバルブ10Aでは、小径中空部S2'が軸方向に一定の内径で形成されているので、小径中空部S2'に相当する孔を穿設する工程が1工程でよく、さらに軸端部材を軸接する工程も不要となるなど、バルブの製造工程が簡潔となる。

[0091] なお、前記した実施例では、大径中空部S1の底面と天井面間に介装されて、小径中空部S2を大径中空部S1の底面（バルブ傘表の裏側）まで延長するとともに、小径中空部S2を大径中空部S1に対し分離するパイプ状の隔壁が、円パイプ状の隔壁15、15Aで構成されているが、軸方向に伸縮できる蛇腹構造のパイプ状の隔壁で構成し、大径中空部S1の底面と天井面間に軸方向に圧縮された形態に介装するようにしてもよい。

符号の説明

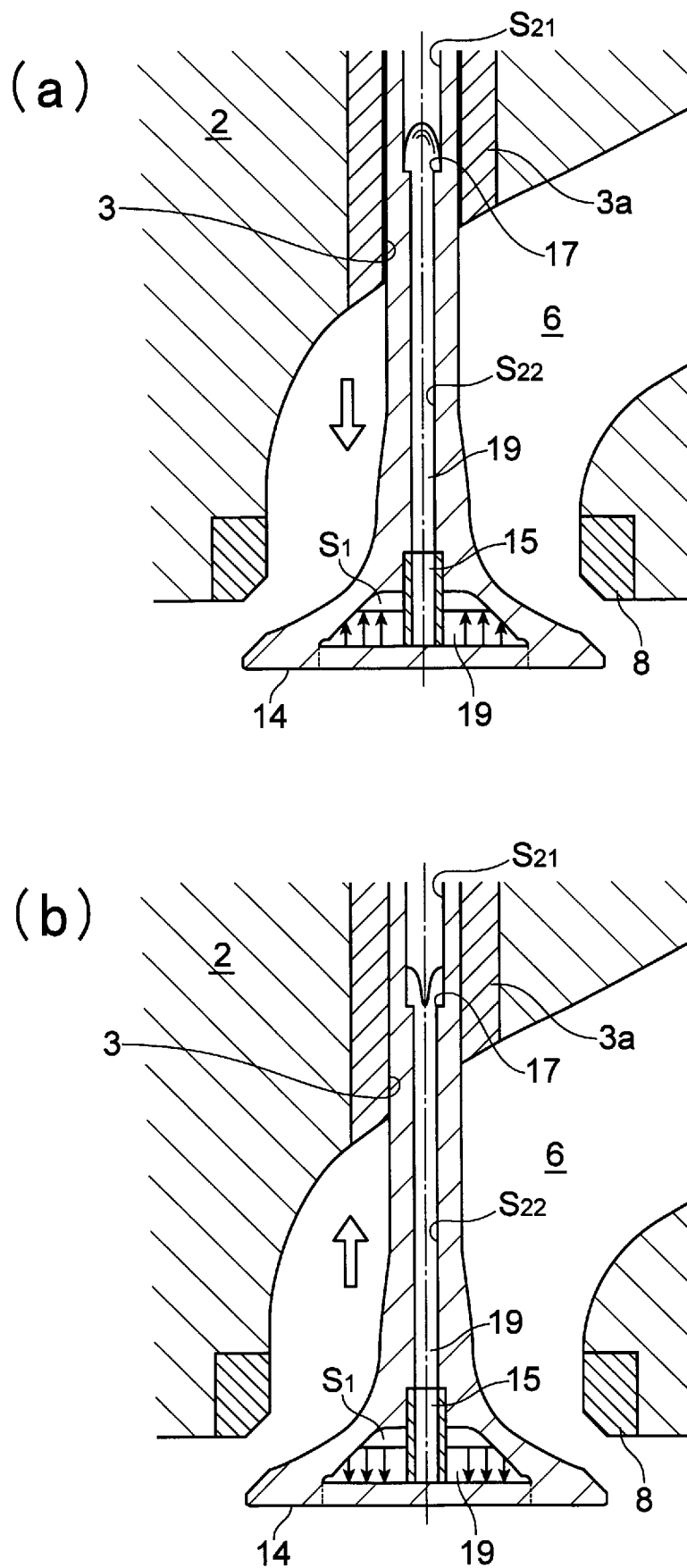
- [0092] 10, 10A 中空ポペットバルブ
11, 11A 傘部外殻と軸部を一体的に形成したバルブ中間部材であるシエル
12 バルブ軸部
12a 軸部
12b 軸端部材

- 1 4 バルブ傘部
 - 1 4 a 傘部外殻
 - 1 4 b 傘部外殻の凹部
 - 1 4 b 1 大径中空部の円形天井面（凹部の円形底面）
 - 1 4 b 2 大径中空部のテーパ形状外周面（凹部のテーパ形状内周面）
 - 1 5, 1 5 A 円パイプ状の隔壁
 - 1 5 a, 1 5 b 隔壁圧入用の段差部
- 1 7 小径中空部内の段差部
- 1 8 キャップ
 - 1 8 a バルブ傘表
- 1 9 冷却材
- L バルブの中心軸線
- S 1 円錐台形状の大径中空部
- S 2 直線状の小径中空部
- S 2' 直線状の小径中空部
 - S 2 1 軸端部寄り小径中空部
 - S 2 2 傘部寄り小径中空部
- T 1, T 2 タンブル流
- F 9, F 1 0 乱流

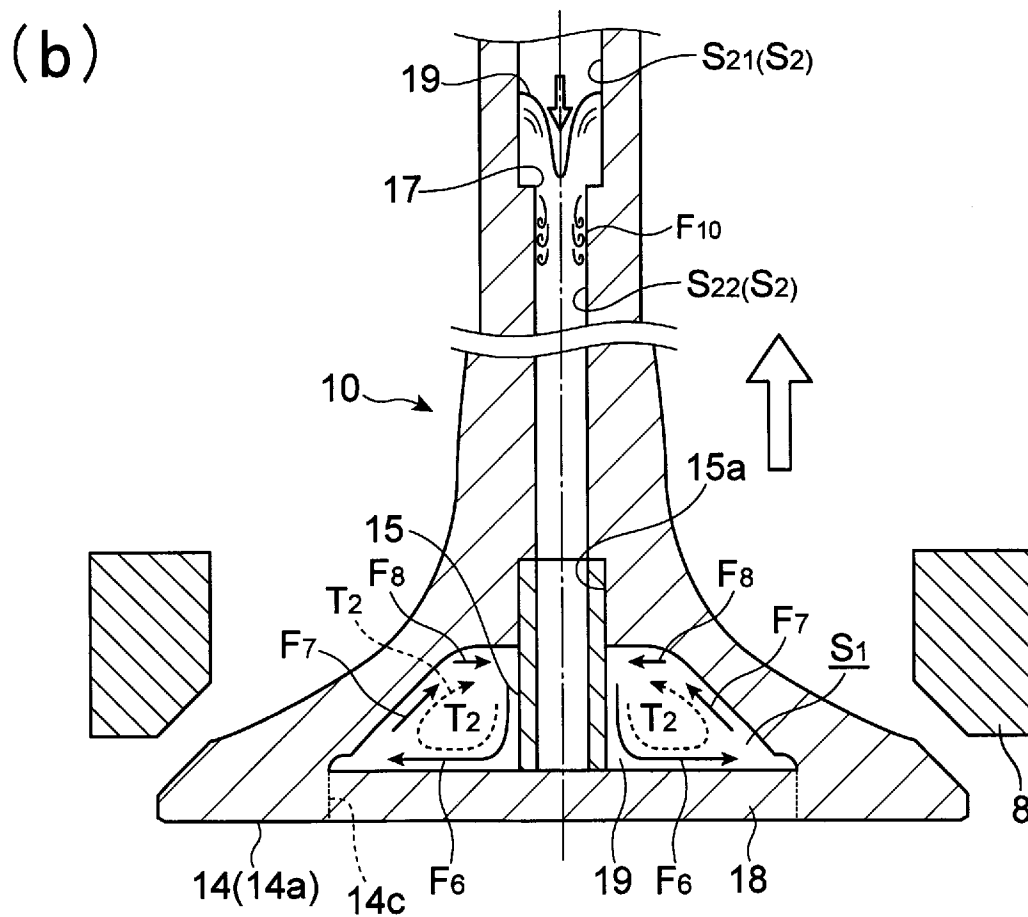
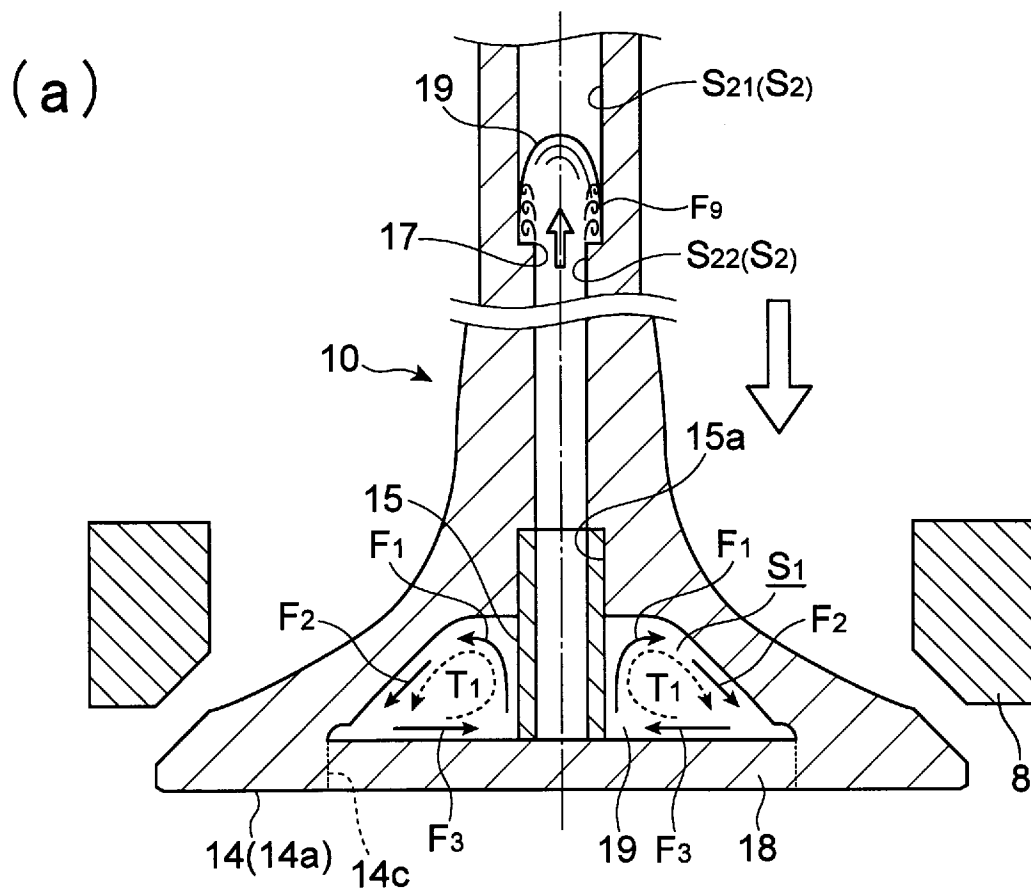
請求の範囲

- [請求項1] 軸部の一端側に傘部を一体的に形成したポペットバルブの傘部から軸部にかけて中空部が形成され、前記中空部に不活性ガスとともに冷却材が装填された中空ポペットバルブにおいて、
- 前記バルブ傘部内には、該傘部の外形に略倣うテーパ形状の外周面を備えた略円錐台形状の大径中空部が設けられ、前記バルブ軸部内には、前記大径中空部の天井面に対し略直交して連通する直線状の小径中空部が設けられ、
- 前記大径中空部の底面と天井面間に、前記小径中空部を大径中空部の底面（バルブ傘表の裏側）まで延長して、該小径中空部を前記大径中空部に対し分離するパイプ状の隔壁が介装されるとともに、分離された両中空部には、不活性ガスとともに冷却材がそれぞれ装填されて、前記バルブが軸方向に往復動作する際に、前記大径中空部内の冷却材にバルブの中心軸線周りに内回りのタンブル流が形成されることを特徴とする中空ポペットバルブ。
- [請求項2] 前記小径中空部を画成するバルブ軸部の内周面と前記パイプ状の隔壁の内周面が面一に構成されたことを特徴とする請求項1に記載の中空ポペットバルブ。
- [請求項3] 前記バルブ軸端部寄りの小径中空部の内径が前記バルブ傘部寄り小径中空部の内径よりも大きく形成されて、前記小径中空部内の軸方向所定位置に円環状の段差部が設けられるとともに、前記段差部を越えた位置まで前記冷却材が装填されたことを特徴とする請求項1または2に記載の中空ポペットバルブ。

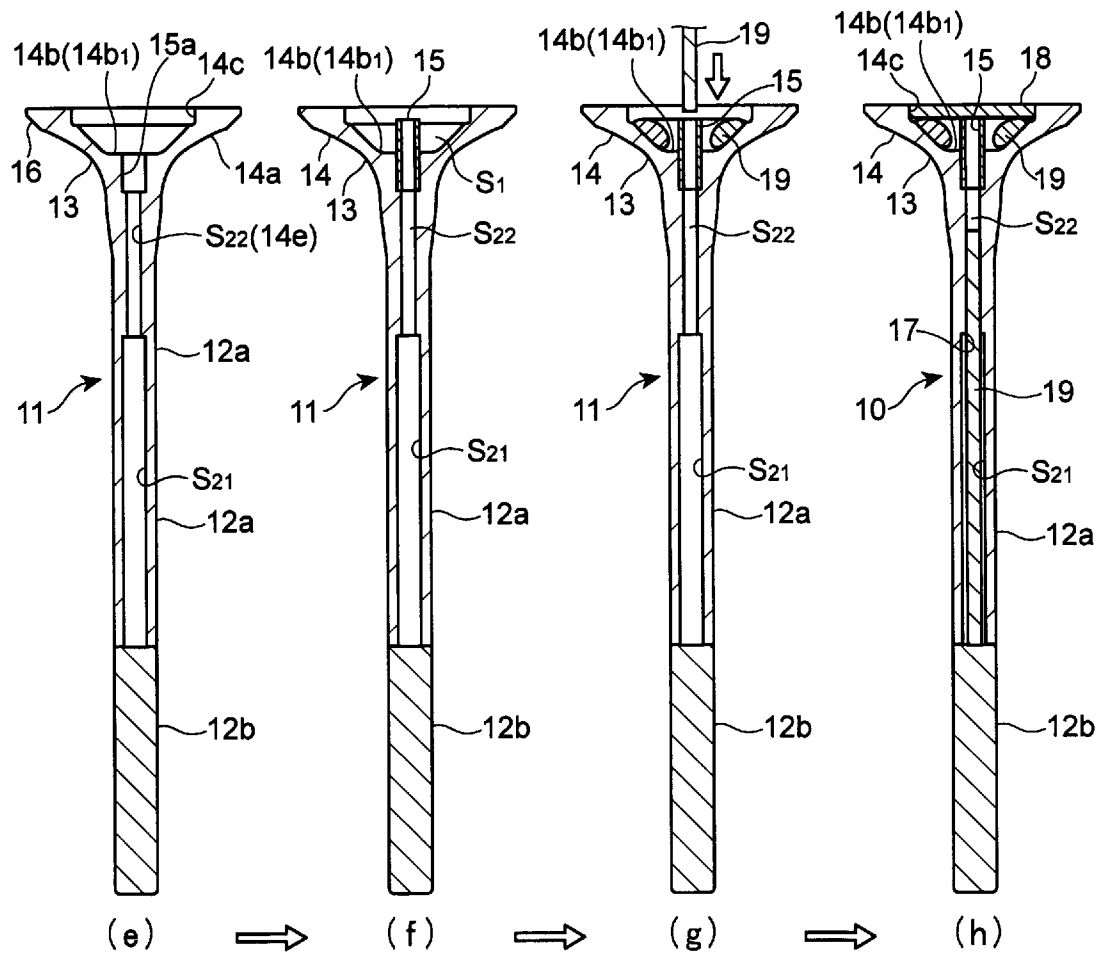
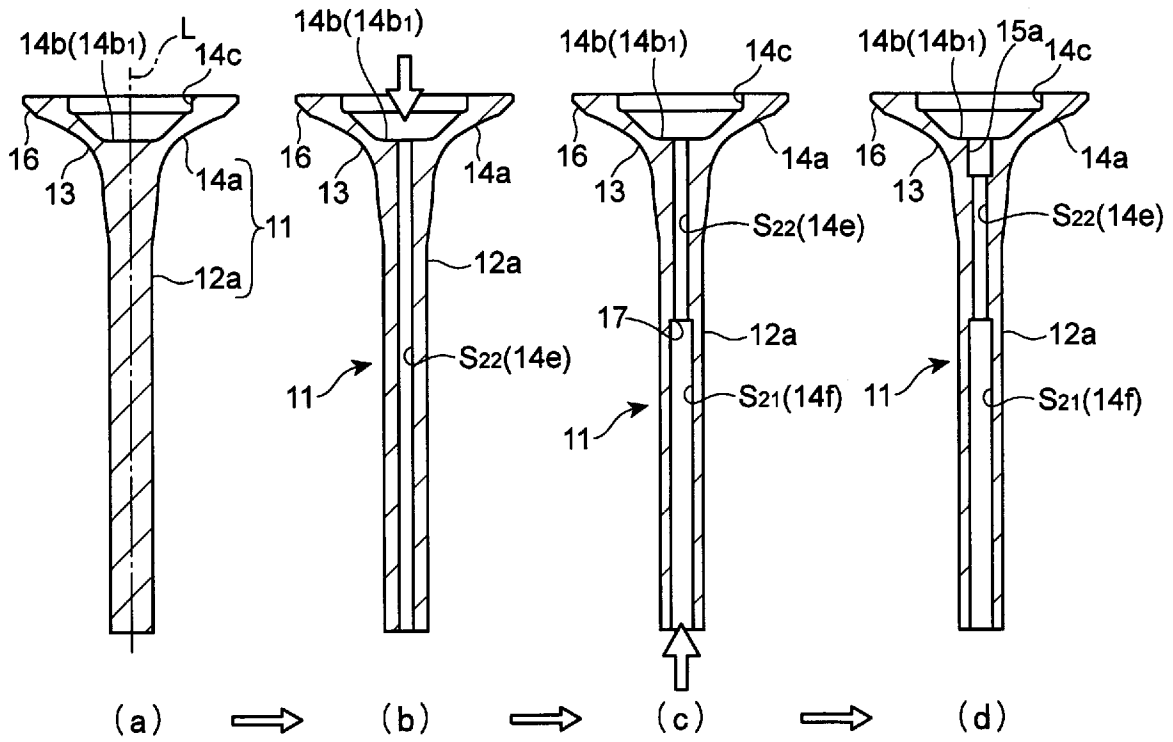
[図2]



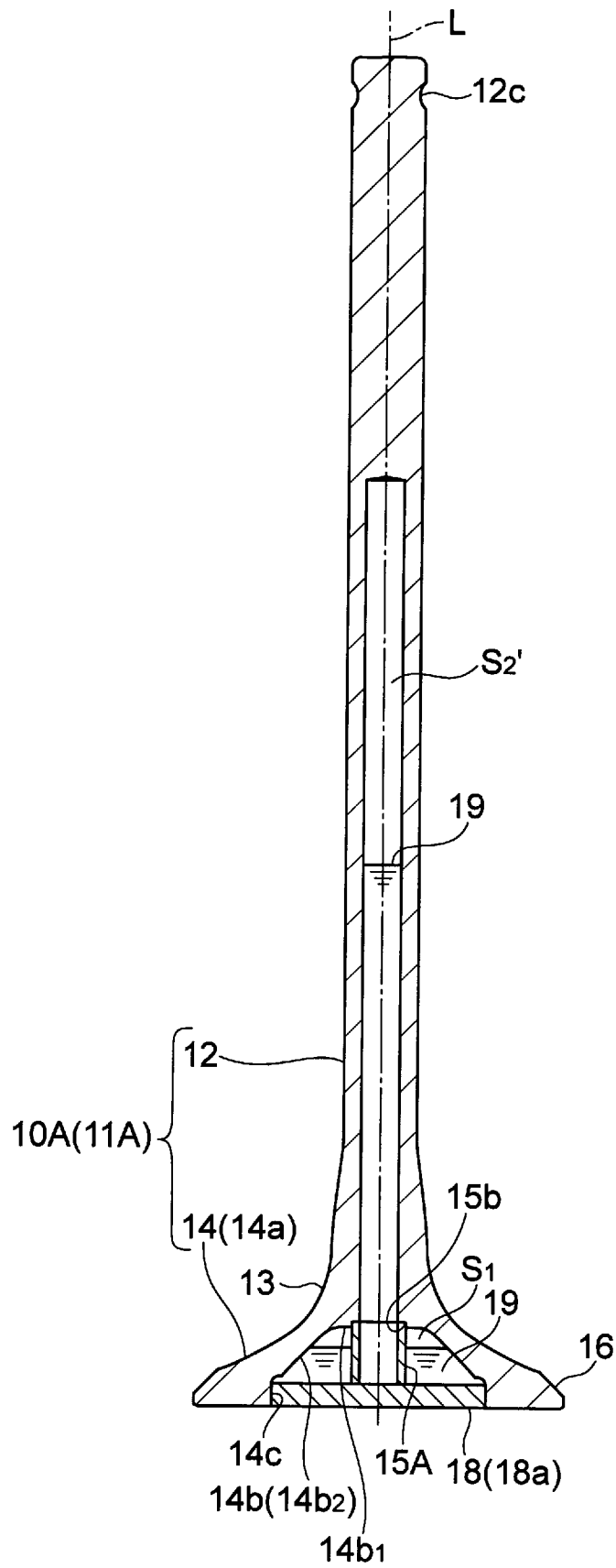
[図3]



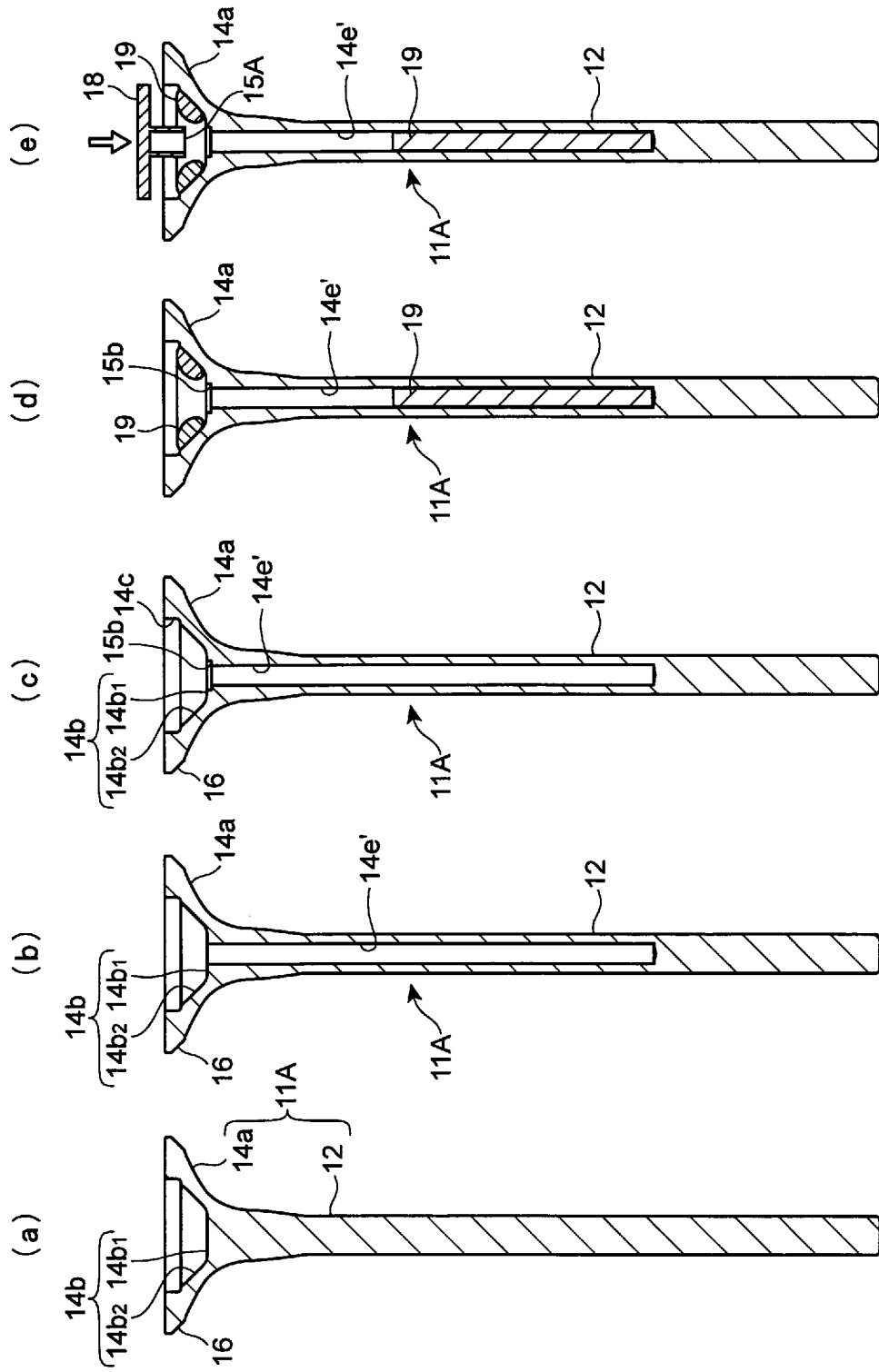
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/059529

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01L3/14(2006.01) i, F01L3/20(2006.01) i

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)

F01L3/14, F01L3/20

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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	JP 2010-106842 A (Mahle International GmbH), 13 May 2010 (13.05.2010), fig. 2 & US 2010/0108012 A1 & EP 2182183 A1	1-2 3
Y	JP 2002-511120 A (Maru Yotto Waitsuman Pureuko GmbH), 09 April 2002 (09.04.2002), page 7, lines 6 to 10; page 12, line 24 to page 13, line 1; page 14, lines 16 to 18; page 15, lines 23 to 28; page 17, lines 13 to 16; all drawings & WO 1998/036159 A1 & DE 19705621 A	1-2

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
22 April, 2013 (22.04.13)

Date of mailing of the international search report
07 May, 2013 (07.05.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/059529

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102006061128 A1 (MAHLE international GmbH), 26 June 2008 (26.06.2008), fig. 1 (Family: none)	1-3
A	JP 2007-526419 A (Mahle Ventiltrieb GmbH), 13 September 2007 (13.09.2007), all drawings & US 2007/0040144 A1 & WO 2005/085605 A1 & DE 102004010309 A	1-3
A	JP 62-62071 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 18 March 1987 (18.03.1987), page 1, left column, line 16 to right column, line 10; fig. 3 (Family: none)	3
A	JP 2004-301124 A (Eaton Corp.), 28 October 2004 (28.10.2004), fig. 5 & US 2004/0261746 A1 & EP 1462621 A1	3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. F01L3/14(2006.01)i, F01L3/20(2006.01)i		
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 (IPC)) Int.Cl. F01L3/14, F01L3/20		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013年		
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)		
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 2010-106842 A (マーレ インターナショナル ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 2010.05.13, 図2 & US 2010/0108012 A1 & EP 2182183 A1	1-2 3
Y	JP 2002-511120 A (マール・ヨット ワイツマン・プレウコ ゲー エムベーハー) 2002.04.09, 第7ページ第6-10行、第12ペー ジ第24行-第13ページ第1行、第14ページ第16-18行、 第15ページ第23-28行、第17ページ第13-16行、全図 & WO 1998/036159 A1 & DE 19705621 A	1-2
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 「L」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) 「O」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 22.04.2013	国際調査報告の発送日 07.05.2013	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 橋本 敏行 電話番号 03-3581-1101 内線 3355	3G 3927

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
A	DE 102006061128 A1 (MAHLE international GmbH) 2008.06.26, F i g . 1 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2007-526419 A (マーレ ヴェンティルトリーブ ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 2007.09.13, 全図 & US 2007/0040144 A1 & WO 2005/085605 A1 & DE 102004010309 A	1-3
A	JP 62-62071 A (石川島播磨重工業株式会社) 1987.03.18, 第1ページ左欄第16行-同ページ右欄第10行、第3図 (ファミリーなし)	3
A	JP 2004-301124 A (イトン コーポレーション) 2004.10.28, 図5 & US 2004/0261746 A1 & EP 1462621 A1	3