

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4237781号
(P4237781)

(45) 発行日 平成21年3月11日(2009.3.11)

(24) 登録日 平成20年12月26日(2008.12.26)

(51) Int.Cl. F I
F 1 6 K 7/17 (2006.01) F 1 6 K 7/17 A
F 1 6 K 31/122 (2006.01) F 1 6 K 31/122

請求項の数 6 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-179811 (P2006-179811) (22) 出願日 平成18年6月29日(2006.6.29) (65) 公開番号 特開2008-8415 (P2008-8415A) (43) 公開日 平成20年1月17日(2008.1.17) 審査請求日 平成20年4月7日(2008.4.7)</p>	<p>(73) 特許権者 000106760 シーケーディ株式会社 愛知県小牧市応時二丁目250番地 (74) 代理人 110000291 特許業務法人コスモス特許事務所 (72) 発明者 永井 清 愛知県小牧市応時二丁目250番地 シー ケーディ株式会社内 審査官 刈間 宏信</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流量制御弁

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

樹脂で形成された弁本体に設けられた第1流路と、前記第1流路に接続する弁孔と、前記弁孔の周囲を囲んで設けられた弁座と、前記弁座の周囲に設けられた弁室と、前記弁室と接続する第2流路と、前記弁室に流入する流量を調節する流量調節ロッドを備え、前記流量調節ロッドを調節することで弁体の開度を変化させて前記流量を調節する流量制御弁において、

前記弁孔は、前記弁座の内周と前記弁孔の外周部分との間に、前記弁体が前記弁座に当接した際に前記弁孔が径方向に変形することを防止する、環状凹部を備え、

前記弁孔に前記環状凹部を形成したことにより弁孔の縁部が形成され、

前記弁体は、円錐状突起と、前記円錐状突起の外周に環状シール部を備え、

前記流量調節ロッドを操作することで、前記弁孔の内部に前記円錐状突起が挿入され、前記円錐状突起と前記弁孔縁部との距離により流量の調整が可能であり、

前記環状シール部が前記弁座に当接することで、流体を遮断することを特徴とする流量制御弁。

【請求項2】

請求項1に記載された流量制御弁において、

前記弁座を、前記弁孔の中心線を通する断面で切断した際に、

前記弁座と前記弁体の当接部から前記弁孔の縁部までを結ぶ直線と、前記当接部を通する前記弁孔の中心線と平行な直線とが成す角度を θ_1 とし、

前記当接部側の前記環状凹部の縁を通過する前記当接部から前記弁孔の縁部までの稜線の接線と、前記当接部を通過する前記弁孔の中心線と平行な直線とが成す角度を θ_2 とし

、
前記弁孔の縁部側の前記環状凹部の縁を通過する前記稜線の接線と、前記弁孔の中心線と平行な直線とが成す角度を θ_3 とした場合、

θ_2 の値が θ_1 の値より小さく、 θ_3 の値が θ_1 の値よりも大きくなることを特徴とする流量制御弁。

【請求項3】

請求項1又は請求項2に記載された流量制御弁において、

前記弁座を前記弁孔の中心線を通過する断面で切断した際に、

前記弁座と前記弁体の当接部から前記弁孔の縁部までを結ぶ稜線部に、前記中心線と直交する部分と、前記中心線と平行な部分とで前記環状凹部を構成することを特徴とする流量制御弁。

10

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のいずれかに記載された流量制御弁において、

前記弁座が前記環状シール部に当接した状態の前記円錐状突起と前記弁孔の縁部との距離が、使用中に前記弁座が変形する高さを想定し、

前記円錐状突起と前記弁孔の縁部が、前記弁座の変形後も当接しないよう設定されることを特徴とする流量制御弁。

【請求項5】

請求項1乃至請求項4のいずれかに記載された流量制御弁において、

前記弁座の外周側のテーパ角度を内周側よりも緩やかにし、前記弁座に肉厚を持たせたことを特徴とする流量制御弁。

20

【請求項6】

請求項1乃至請求項5のいずれかに記載された流量制御弁において、

前記流量調節ロッドを弁開方向に付勢する弾性体を備え、

前記弾性体の復元力を前記流量調節ロッドに付勢することで、前記流量調節ロッドのバックラッシュを吸収することを特徴とする流量制御弁。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、流量を調整、遮断する流量制御弁において、特に微少領域での流量制御性を向上する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造工程では、微少量の薬液を使用するケースも多く、微少量の薬液をコントロールする技術が要求されている。

微少量の薬液供給が要求される背景には、ウェハ上に膜状に薬品を塗布するために、薬液を少量滴下して遠心力等で広げるなどの技術が発達してきたことや、使用される薬品が特殊化して高価なものを必要とするため、無駄に消費したくない等の理由が挙げられる。

40

したがって、特に半導体製造工程などで微少量の薬液を正確に供給する技術は必要とされており、このような技術は、従来から様々なものが考案されている。例えば、特許文献1乃至特許文献4にも、微少流量を制御する弁に関する技術が紹介されている。

【0003】

特許文献1の「流量制御弁」は、1つの弁本体に流量制御部と、流体遮断部を備えた弁である。

流量制御部には、調整ネジが接続されたニードル状の弁体が備えられ、調整ネジによってニードルの位置を上下させることで、流路の開口部にニードル状の弁体を差し込み、開口面積を変え、流量を調整できる構造となっている。

一方、流体遮断部は、ニードルの外周に円環状に設けられ、エアで駆動するピストンに

50

連動して弁座に当接又は離間させることで、流体を制御する構造となっている。

1つの弁本体で、流量制御部と流体遮断部を備えているために比較的コンパクトに構成可能である。

【0004】

特許文献2の「流量調整弁」は、流体遮断弁と流量制御弁を同一ブロック上に並べて構成される弁である。

流体遮断弁は、エアで駆動するピストンに接続された弁体が、弁座に当接又は離間することで、流体を制御する構造となっている。

流量制御弁は、ニードル状の弁体を開口部に差し込む構成となっており、特許文献1と同様に流量を調整できるようになっている。

10

【0005】

特許文献3の「流量制御弁」は、流量調整機能を備えた開閉弁とサックバックバルブとが同一ブロック上に並べられて構成される弁である。

このうち、流量調整機能を備えた開閉弁は、エアで駆動するピストンに接続されたフラット形状の弁体を弁座に当接離間させて、流体を遮断、連通する構造となっており、この弁体に調整ネジを備えることで、弁座の開度を調整できるような構造になっている。

この構成の開閉弁は一般的であり、複雑な加工が必要ではないので、弁体のコストを下げることができる。

【0006】

特許文献4の「流量調整弁」は、流量調整を目的とした弁であり、流体を遮断する機能も備えている。

20

流量を調整するための弁体はテーパ状になっており、流路の開口部にこのテーパ状突起を差し込むことで、流量の調整が可能となっている。テーパ状突起には、調整用のネジが備えられていて、調整はネジで行うことになる。

また、テーパ状突起の周囲には、円環状の凸部が設けられており、ネジを締め切ることによって、流体を遮断することが可能である。

調整用の弁体がニードル状である場合、開口部の縁と接触することでパーティクルを発生する虞があるが、このように外周部に円環状の凸部を設け、ストッパとして使用することで、流体の遮断機能を得ると共に、テーパ状突起の変形を防止することを可能としている。

30

【特許文献1】特開平10 274345号公報

【特許文献2】特開2001 263507号公報

【特許文献3】特開2003 322275号公報

【特許文献4】特開2005 155878号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、従来技術には以下に示すような問題があった。

(1) 弁本体が大きくなる。

特許文献2に示したような流量制御弁と流体遮断弁が別々に設けられて別に制御される場合は、弁本体が大きくなるという問題がある。

40

これは特許文献1についても同じことが言える。特許文献1の流量制御弁は、1つの弁本体に流量制御部と流体遮断部を備えているために、特許文献2よりも比較的コンパクトに構成であるが、流量制御部の外周部に流体遮断部を設けているため、外径が大きくなってしまふ。

すなわち、特許文献1及び特許文献2のように、流量制御する部分と流体遮断する部分を別々に設けるようにすると、弁本体が大きくなってしまふことになる。弁本体が大きくなると、設備の巨大化に繋がり、配管長が長くなる等、ロスが大きくなる。

【0008】

(2) 流量安定性に問題がある。

50

一方、特許文献3や特許文献4に示されるように1つの弁体が流量制御機能と流体遮断機能を兼ねていれば、流量制御弁の小型化は可能であるが、流体の遮断を繰り返すと流量安定性が悪化してしまうという問題がある。

これは、弁ボディと弁体に使用している樹脂が、PTFE等のクリープ変形の影響の大きな樹脂であるという点に起因する。

流量制御弁は半導体製造ラインなどに用いることを前提にすると、腐食性の高い薬液を使用する為に、耐食性の良い樹脂を使う必要がある。

現在最も良く用いられているのがPTFE等の樹脂であるが、このPTFE等の樹脂は降伏点以下の応力が与えられたとしても繰り返し応力が与えられることで、クリープ変形という現象によって変形してしまうことが知られている。

10

【0009】

このため、特許文献3及び特許文献4のように開口部付近を押圧すると、応力の影響が開口部にも及び、オリフィス径が変化してしまうことがある。

このような変化は、微少流量を制御する流量制御弁としては致命的であり、オリフィス径の変化によって、流量が変わってしまうため、供給される薬液の流量に変化が生じることで、不良の原因になってしまうという問題がある。

特許文献3及び特許文献4において、流体遮断機能を使用しなければ、このような問題は起きないが、それでは結果的に特許文献1のように本体とは別に流体遮断弁を必要とするため(1)の問題が解決できなくなってしまう。

【0010】

20

つまり、特許文献1乃至特許文献4に示されるような従来技術では、上述した(1)弁本体が大きくなる(2)流量安定性が悪いという、2つの課題を同時に解決することは困難であった。

【0011】

そこで、本発明ではこのような問題を解決するためになされたものであり、コンパクトで流量安定性の高い流量制御弁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】

【0012】

前記目的を達成するために、本発明の以下のような特徴を有する。

(1)樹脂で形成された弁本体に設けられた第1流路と、前記第1流路に接続する弁孔と、前記弁孔の周囲を囲んで設けられた弁座と、前記弁座の周囲に設けられた弁室と、前記弁室と接続する第2流路と、前記弁室に流入する流量を調節する流量調節ロッドを備え、前記流量調節ロッドを調節することで弁体の開度を変化させて前記流量を調節する流量制御弁において、前記弁孔は、前記弁座の内周と前記弁孔の外周部分との間に、前記弁体が前記弁座に当接した際に前記弁孔が径方向に変形することを防止する、環状凹部を備えるとともに、前記弁孔に前記環状凹部を形成したことにより弁孔の縁部が形成され、前記弁体は、円錐状突起と、前記円錐状突起の外周に環状シール部を備え、前記流量調節ロッドを操作することで、前記弁孔の内部に前記円錐状突起が挿入され、前記円錐状突起と前記弁孔の縁部との距離により流量の調整が可能であり、前記環状シール部が前記弁座に当接することで、流体を遮断することを特徴とする。

30

40

【0013】

(2)(1)に記載された流量制御弁において、前記弁座を、前記弁孔の中心線を通する断面で切断した際に、前記弁座と前記弁体の当接部から前記弁孔の縁部までを結ぶ直線と、前記当接部を通する前記弁孔の中心線と平行な直線とが成す角度を θ_1 とし、前記当接部側の前記環状凹部の縁を通する、前記当接部から前記弁孔の縁部までの稜線の接線と、前記当接部を通する前記弁孔の中心線と平行な直線とが成す角度を θ_2 とし、前記弁孔の縁部側の前記環状凹部の縁を通する、前記稜線の接線と、前記弁孔の中心線と平行な直線とが成す角度を θ_3 とした場合、 θ_2 の値が θ_1 の値より小さく、 θ_3 の値が θ_1 の値よりも大きくなることを特徴とする。

【0014】

50

(3)(1)又は(2)に記載された流量制御弁において、前記弁座を、前記弁孔の中心線を通ずる断面で切断した際に、前記弁座と前記弁体の当接部から前記弁孔の縁部までを結ぶ稜線部に、前記中心線と直交する部分と、前記中心線と平行な部分とで前記環状凹部を構成することを特徴とする。

【0016】

(4)(1)乃至(3)のいずれかに記載された流量制御弁において、前記弁座が前記環状シール部に当接した状態の前記円錐状突起と前記弁孔の縁部との距離が、使用中に前記弁座が変形する高さを想定し、前記円錐状突起と前記弁孔の縁部が、前記弁座の変形後も当接しないよう設定されることを特徴とする。

(5)(1)乃至(4)のいずれかに記載された流量制御弁において、前記弁座の外周側のテーパ角度を内周側よりも緩やかにし、前記弁座に肉厚を持たせたことを特徴とする。

【0017】

(6)(1)乃至(5)のいずれかに記載された流量制御弁において、前記流量調節ロッドを弁開方向に付勢する弾性体を備え、前記弾性体の復元力を前記流量調節ロッドに付勢することで、前記流量調節ロッドのバックラッシュを吸収することを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

このような特徴を有する本発明の流量制御弁により、以下のような作用、効果が得られる。

(1)流量を制御する樹脂性の弁本体を備える流量制御弁において、流量調節ロッドを調節することで弁体の開度を変化させて流量を調節し、弁座は、弁孔の外周部分に、弁体が弁座に当接した際に弁孔が径方向に変形することを防止するための環状凹部を有していることを特徴とする。

弁座に腐食を防ぐためにPTFEやPFA等の樹脂を用いる場合、クリープ変形現象に注意する必要がある。

クリープ変形現象は、樹脂成形品に降伏応力域ではなく弾性域の応力を与え続けることで、徐々に変形していくような現象を言う。このような変形は、与圧が除去されると徐々に元に戻る特性がある。

樹脂製の弁本体を備える流量制御弁においても、弁体が弁座に当接する際に弁座に与える応力が、繰り返し与えられることで、次第に弁座に圧縮方向のクリープ変形現象による変形が発生する。このクリープ変形現象は弁孔の内壁面にも及び、径方向への変形となって現れる虞がある。

【0019】

後述の図15に示すシミュレーション結果によって出願人が発見した事実によれば、弁座に加えられた応力は弁孔の内壁面にまで達していることが示されており、樹脂ボディを採用している流量制御弁では、この弁座に与えられた応力によって、クリープ変形現象を起こし、弁孔が縮径方向に変形してしまう虞がある。

弁座に与えられた応力は弁本体を伝播するが、流量制御弁のコンパクト化のために弁座と弁孔の距離が近くなると、弁孔の内壁面にまでこの応力の影響が及ぶこととなり、弁孔の壁面では伝播された応力がクリープ変形現象による変形となって現れる。

しかし、環状凹部を弁座に設けることで、環状凹部によって弁座が空間的に切り取られ、弁座に加えられた応力の影響が弁孔の内壁面にまで伝播することを抑制することが可能となる。この結果は、後述の図5に示すシミュレーションの結果が示す通りであり、環状凹部を設けることで、応力が伝播する方向を逸らし、伝播距離を伸ばすことで、弁孔の縮径方向へのクリープ変形現象を抑制することができる。

また、弁座に付勢される応力によって、場合によっては弁孔の拡径方向への変形も考えられ、特に弁孔の縁部分の径が拡大すると流量が変化してしまうことも考えられるが、このようなクリープ変形現象も抑制が期待できる。

【0020】

10

20

30

40

50

流量を制御する流量制御弁、特に微小流量を制御する場合においては、弁体が弁座に当接した際に発生する応力によって発生するクリープ変形現象が、弁孔の縮径方向、又は弁孔の縁部の拡径方向への微小な変形となって現れる場合にも、流量の影響を受けてしまい、正確な制御が難しくなる。

したがって、本発明によってこのような応力による弁孔の径方向の変化の影響を回避できることは流量安定性の向上に繋がる。また、流量調節部と流体遮断部の機構を分離する必要がなくなるため、流量制御弁の弁本体を小さくすることができ、設備の縮小に貢献できる。

つまり、本発明によりコンパクトで流量安定性の高い流量制御弁の提供が可能となる。

【0021】

(2) また、弁座を、弁孔の中心線を通る断面で切断した際に、弁座と弁体の当接部から弁孔の縁部までを結ぶ直線と、当接部を通る弁孔の中心線と平行な直線とが成す角度を α_1 とし、当接部側の環状凹部の縁を通る、当接部から弁孔の縁部までの稜線の接線と、当接部を通る弁孔の中心線と平行な直線とが成す角度を α_2 とし、弁孔の縁部側の環状凹部の縁を通る、稜線の接線と、弁孔の中心線と平行な直線とが成す角度を α_3 とした場合、 α_2 の値が α_1 の値より小さく、 α_3 の値が α_1 の値よりも大きくなることを特徴とするので、 $\alpha_2 < \alpha_1$ 及び $\alpha_1 < \alpha_3$ という関係を作ることによって、弁座と弁体の当接部から弁孔の縁部までを結ぶ直線をえぐる形で凹部を形成でき、弁座に環状凹部を形成することになる。

そして、 $\alpha_2 < \alpha_1$ 及び $\alpha_1 < \alpha_3$ とすることで環状凹部を形成し、弁座に加えられた応力の伝播する方向を逸らし、クリープ変形現象による弁孔の内壁面に変形が生じることを抑制できる。特に α_2 の角度が小さくなれば、この抑制効果はより大きくなる。

【0022】

(3) また、弁座を、弁孔の中心線を通る断面で切断した際に、弁座と弁体の当接部から弁孔の縁部までを結ぶ稜線部に、中心線と直交する部分と、中心線と平行な部分とで環状凹部を構成することを特徴とするので、弁座と弁体の当接部から弁孔の縁部までを結ぶ稜線部に、中心線と直交する部分と、中心線と平行な部分とで環状凹部を構成するということは、即ち(2)で示す $\alpha_2 = 0^\circ$ 、 $\alpha_3 = 90^\circ$ とすることを意味する。

これは、(2)で前述した通り α_2 の値は小さい方が、応力の伝播方向を逸らす効果が高くなるので、(3)の構成を採れば(2)の効果をより確実に得ることができるからである。

【0023】

(4) また、弁体に円錐状突起と、円錐状突起の外周に環状シール部を備え、流量調節ロッドを操作することで、弁孔の内部に円錐状突起が挿入され、流量の調整が可能であり、環状シール部が弁座に当接することで、流体を遮断することを特徴とするので、円錐状突起を弁孔に挿入することで流量を調整する方式を採用することで、微量の設定を容易にすることが可能となる。

【0024】

(5) また、弁座が環状シール部に当接した状態の円錐状突起と弁孔の縁部との距離が、使用中に弁座が変形する高さを想定し、円錐状突起と弁孔の縁部が、弁座の変形後も当接しないよう設定されることを特徴とするので、使用者が設備に組み込んで使用する際には、弁座が一定量潰れ、通常の使用状態ではそれ以上変形しない状態にあるので、円錐状突起と弁孔との距離が変化せず、時間経過とともに流量の変化が起きにくくなる。

これは、弁体が弁座に加える加重が一定量であるので、弁座の潰れ量は一定の範囲を超えると安定する傾向にあり、その関係を利用して使用者が流体制御弁を使用する際の弁孔の縁部と円錐状突起との距離が予測できるためである。そこで、工場での調整時には弁座の潰れシロを見越して、弁体の弁座に対する高さを設定してやることで、使用中に流量の変化が起きにくくすることができる。

また、弁座が変形した状態でも円錐状突起と弁孔の縁部が接触しないように設定されるために、流量の変化やパーティクルの発生を防ぐことが可能となる。

10

20

30

40

50

このようにして、流量安定性を確保することが可能となる。

【0025】

(6) また、弁座の外周側のテーパ角度を内周側よりも緩やかにし、弁座に肉厚を持たせたことを特徴とするので、弁座に弁体が当接した際に、弁座部分が潰れる量が少なくなる。また、弁座の外周側を厚くすることで内側への倒れ込みを防止することが可能となる。

弁体と流量調節部が一体となっているため、弁座が潰れて距離が変化すると、調節部による微少調節量が変化してしまうこととなるが、弁座が潰れにくくなり、弁座の倒れ込みも防止できることで、このような流量の変化を防止することができる。

【0026】

(7) また、流量調節ロッドを弁閉方向に付勢する弾性体を備え、弾性体の復元力によって流量調節ロッドに付勢することで、流量調節ロッドのバックラッシュを吸収することを特徴とするので、微少流量の調整において、流量の誤差を最小限に抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の本実施例について図面を用いて説明する。最初に第1実施例の構成について説明する。

(第1実施例)

図1に、第1実施例の流量制御弁が開状態である断面図を示す。

流量制御弁10は、図1に示すように、ボディ部11、機構部20からなる。ボディ部11はPFA等の樹脂で作られており、耐薬品性に優れている。

ボディ部11には、第1流路13、第2流路14、弁座15、及び弁室16が設けられている。第1流路13は、弁孔13aを介して弁室16に接続され、弁室16に連通する第2流路14に接続される構成となっており、薬液などの流体を流通させる。

第1流路13を内部に有する筒状部17の頂部には、弁孔13aを囲むように円環状に弁座15が形成されている。

弁孔13aと弁座15を接続する稜線部分には、環状凹部11aを備えている。この環状凹部11aは、弁孔13aの中心線を通るようにボディ部11を切断した場合、図1に示すように、弁孔13aの中心線と平行な部分と、弁孔13aの中心線と直角な部分から成る。つまり、弁座15の一部に設けられた環状凹部11aは、弁孔13aと弁座15を繋ぐ直線を直角に切り取った形で構成されている。

【0028】

一方、機構部20には、アクチュエータボディ21、ピストン22、流量調節ロッド23、第1スプリング24、第2スプリング25、操作ポート26、及び排気ポート27等が備えられている。アクチュエータボディ21はPPS等で形成されており、アクチュエータボディ21とボディ部11の間には、弁体12が挟み込まれて、取り付けられている。

図1では、流量制御弁10はノーマルクローズタイプの単動式駆動機構を備えているが、ノーマルオープンタイプでも、復動式でも適用可能であることは言うまでもない。

第1実施例を示す図1の流量制御弁10は、操作ポート26に操作エアが供給されると上昇するピストン22が備えられており、ピストン22には、ピストン22の外周とアクチュエータボディ21との間にパッキンを備える他、ピストン22の上部に第1スプリング24と第2スプリング25という2種類のばねを備えている。

第1スプリング24は、操作ポート26から操作エアが供給されなくなった時に、ピストン22を流量制御弁10の図1下側に移動させる役割を果たしている。

一方、第2スプリング25は、流量調節ロッド23とピストン22の間のガタを無くすために、一端を流量調節ロッド23に他端をピストン22に接するように備えられている。この第2スプリング25は、第1スプリング24よりもばね荷重が低いものを選択している。

【0029】

流量調節ロッド23は、細かなピッチのネジ部をロッド外周部に備え、上部に備えてい

10

20

30

40

50

るつまみ 28 を回転させることで、機構部 20 に設けられているネジ部に沿って上下に移動する。

図 2 に、図 1 の弁座周りを拡大した弁閉時の詳細図を示す。また、図 3 には、図 1 の弁座周りを拡大した弁開時の詳細図を示す。

弁体 12 は、P T F E 等の樹脂で形成されており、中央部にニードル 12 a 及び、その周囲にシール部 12 b、及びダイヤフラム膜部 12 c を備えている。この弁体 12 は弁体保持部 18 に取り付けられ、ピストン 22 の動作に合わせて上下する。

弁体 12 の備えるニードル 12 a は円錐形状をしており、図 2 に示すように、弁孔 13 a の開口部分に挿入される。そして、弁孔縁部 13 b とニードル 12 a の隙間によって流量が調整されることになる。なお、このニードル 12 a はニードル 12 a の開口部よりも根本の部分が太くなっている。このことにより、弁孔縁部 13 b とニードル 12 a の隙間を極力狭くすることができ、微小流量の調整を可能としている。

一方、シール部 12 b はニードル 12 a の周囲に形成され、図 2 に示すように弁座 15 に当接する。このシール部 12 b は弁座 15 に当接した際に、弁体保持部 18 に後ろからバックアップされ、弁体保持部 18 と弁座 15 でシール部 12 b を挟んだ状態となる。弁体保持部 18 は例えばステンレス鋼や弁体 12 よりも硬度の高い例えば P P S 等の樹脂で形成されており、シール部 12 b をバックアップできるようになっている。また、シール部 12 b は薄く構成されている。

【 0 0 3 0 】

次に、上記構成を備える第 1 実施例の作用について説明を行う。

前述したように、機構部 20 は操作エアによってピストン 22 を上下させる機能を備えており、操作ポート 26 に操作エアを供給することで、ピストン 22 を抑えている第 1 スプリング 24 及び第 2 スプリング 25 の反力に打ち勝って、ピストン 22 は図 1 の上側に上昇する。この際、微細ながら重力の影響もあるが、重力に対して第 1 スプリング 24 及びつまみ 28 より供給される操作エアの圧力は十分に大きく、無視しうるものであるため、流量制御弁 10 の取り付け方向については制限されるものではない。

このようにしてピストン 22 が図 1 の上側に上昇すると、アクチュエータボディ 21 に備えるストッパ又は流量調節ロッド 23 の下端にピストン 22 の上端が当たり、その動作は停止する。なお、第 1 スプリング 24 及び第 2 スプリング 25 が備えられる空間に溜まっていた空気は、排気ポート 27 から適宜排出されるものとする。

ピストン 22 が上昇すると、ピストン 22 に接続されている弁体保持部 18 も上昇し、図 1 及び図 3 に示すように、弁開状態となる。すなわち、弁座 15 とシール部 12 b が離間し、第 1 流路 13 と第 2 流路 14 が弁孔 13 a 及び弁室 16 を介して連通するので、流体が、第 1 流路 13 から第 2 流路 14 を通過することができるようになる。

【 0 0 3 1 】

このときに通過する流体の流量を調整したい場合は、流量調節ロッド 23 に備えられるつまみ 28 を回転させて、流量調節ロッド 23 の位置を変えることで調整が可能である。流量調節ロッド 23 の外側に切られているネジのピッチは十分に細かく、つまみ 28 の回転によって流量を細かく変更可能である。なお、必要に応じて流量調節ロッド 23 の外側に切られているネジのピッチを変更したり、特許文献 2 などに記載される差動ネジのような機構を適用したりすることを妨げない。

つまみ 28 を回転させることで、流量調節ロッド 23 のアクチュエータボディ 21 に対する入り込み量を変更することができるため、ピストン 22 の上下する高さを変更が可能で、それにしがたい弁体 12 の上昇位置の変更が可能となる。

なお、流量調節ロッド 23 とピストン 22 の間に備えられる第 2 スプリング 25 の働きによって、流量調節ロッド 23 とピストン 22 の間のガタを無くしている。よって、流量調節ロッド 23 とピストン 22 は直接的に結合される必要がなく、複雑な機構を必要としないでガタを無くすることができる。

【 0 0 3 2 】

流量調節ロッド 23 のアクチュエータボディ 21 に対する入り込み量の変更によって、

10

20

30

40

50

弁体 1 2 の上端が決定されることで、ニードル 1 2 a の弁孔 1 3 a に対する入り込み量が調整され、流量が決定される。

具体的には、図 2 及び図 3 に示されるように、流量制御弁 1 0 を流れる液体の流量は、弁孔縁部 1 3 b の開口面積から、ニードル 1 2 a の先端を弁孔縁部 1 3 b が構成する平面で切り取ったときのニードル 1 2 a の面積を差し引いたドーナツ状の面積で決定される。

したがって、ニードル 1 2 a の弁孔 1 3 a に対する入り込み量が増えれば増えるほど、即ち、弁体 1 2 の開度が流量調節ロッド 2 3 によって規制され、上昇位置が下がるほど、流量は減少することになる。

【 0 0 3 3 】

一方、図 1 に示される操作ポート 2 6 に操作エアが供給されなくなると、第 1 スプリング 2 4 の復元力によって、ピストン 2 2 の位置は、図 1 下側に向けて下がることになる。なお、第 1 スプリング 2 4 及び第 2 スプリング 2 5 が備えられる空間には、排気ポート 2 7 を通じて必要なだけ空気が流入することになる。

そして、ピストン 2 2 の下降に伴い、弁体 1 2 も下降して、シール部 1 2 b と弁座 1 5 は当接し、第 1 流路 1 3 から第 2 流路 1 4 を流通していた流体は遮断される。

この弁閉状態の弁体 1 2 の様子を示したのが図 2 であり、弁閉状態では、シール部 1 2 b は弁座 1 5 に当接し、若干シール部 1 2 b が弁座 1 5 を押し潰すような形で完全に流体を遮断する。

このとき、ニードル 1 2 a と弁孔縁部 1 3 b はギリギリ接触しない位置に設定されている。これは、弁孔縁部 1 3 b にニードル 1 2 a が接触してしまうと、弁孔縁部 1 3 b 又はニードル 1 2 a に微細な変形が出るために、流量が変化してしまう他、パーティクル発生の原因ともなり、好ましくないためである。

【 0 0 3 4 】

このニードル 1 2 a と弁孔縁部 1 3 b の距離については、出願人が確認した図 4 に示す変形量を参考にして決定する。

図 4 は、流量制御弁の弁閉時における弁座の変形と時間の関係を示したグラフを示す。縦軸には弁座 1 5 の潰れ方向の変形量 (m m) を示し、横軸には時間 (s e c) を示している。弁座 1 5 の潰れ方向の変形量は、弁座 1 5 に弁体 1 2 が連続的に当接している状態での数値であるが、図 4 に示すように、2 0 0 0 秒、つまり 3 0 分程度経過すると、0 . 0 1 7 m m 程度潰れて、以降はその状態を維持している様子が分かる。

なお、この変形はクリープ変形現象であって塑性変形ではないので、除荷してやれば徐々に弁座 1 5 は基の状態に復元していくが、第 1 実施例の流量制御弁 1 0 はノーマルクロスタイプであるため、弁閉状態にある時間はさほど多くない。したがって、この状態は使用中も維持されるものと考えられる。

したがって、3 0 分程度で状態が安定するため、出荷後、使用者が流量制御弁 1 0 を設備に組み込んで使用する段階では、常に変形状態で使用されるものと考えられるので、工場での調整時には、この変形量を見込んで、ニードル 1 2 a と弁孔縁部 1 3 b の距離を設定してやる必要がある。

なお、この変形量は第 1 スプリング 2 4 のバネ定数と弁体 1 2 の材質及び弁座 1 5 の材質によっても左右され、またそれらの大きさや形状によっても左右されるため、それぞれを考慮した上で決定すべきである。

また、流量制御弁 1 0 がノーマルオープンであったり、復動式であったりする場合には、図 4 をそのまま適用せずに、適宜考慮する必要がある。

【 0 0 3 5 】

次に、第 1 実施例の効果を以下に説明する。

図 5 に、図 2 をモデル化して応力解析を行った様子を示す。

また、これと比較のために、図 1 3 及び図 1 4 に図 2 及び図 3 に対応する環状凹部を備えていない流量制御弁の弁閉時及び弁開時の詳細図と、図 1 5 に図 1 3 をモデル化して応力解析を行った様子を示す。

まず、図 1 3 及び図 1 4 について説明する。図面では、第 1 実施例の流量弁と対応する

10

20

30

40

50

部分は同じ記号を用いている。

図13及び図14に示される詳細図は、第1実施例の流量制御弁10とほぼ構成は同じであるが、弁体12が備えるシール部12bの厚みや、筒状部17の頂部に備える弁座15の形状、及び環状凹部11aを備えていない点で異なる。その他の部分は、第1実施例で示した流量制御弁10の構成に類似しているが、同条件での解析が可能であるように設定しているため、ここではその点については言及しない。

この図13をモデルにして解析した結果が図15であり、図5に対応する。

すなわち、図5と図15の違いは、弁座15に環状凹部11aが備えられるか否かという点と、弁座15の断面形状の2点異なる。

【0036】

図5及び図15に示すように、弁体12が弁座15に当接した状態で、第1スプリング24に加圧されると、シール部12bと弁座15の頂部でお互いに応力がかかった状態となる。なお、第1スプリング24によって加圧される力は、図5と図15では同じ条件になるように設定した。

そして、応力の分布に関しては、区別しやすいように第1領域a、第2領域b、第3領域c、第4領域dの4段階で示している。第1領域aはほぼ無負荷状態、第2領域bは応力の影響がある領域で、微小量だが変形する可能性のある領域、第3領域cは第2領域bよりも応力の強く働いている領域で、第4領域dは更に強い応力が働いている領域を示している。

なお、最も強い応力の働いている第4領域dにあっても、弁体12及び弁座15の素材の塑性変形域にまでは達していない状態に設定されている。

【0037】

このように、図5及び図15のいずれも、基本的にはシール部12bと弁座15の接触部分から遠ざかるにつれて、徐々に応力の影響が少なくなっているのがわかる。

ただし、図13に比べて第1実施例の図2に示す弁座15の方が、頂部からの角度が大きくなっており、変形しにくくなっている影響で、図15では、シール部12bと弁座15の接触部分は、円形に応力の影響の少ない部分ができおり、その周りを囲むように環状に第4領域dが形成されていることが分かる。これは、特許文献2乃至特許文献4でも同様の応力状態になっていると考えられる。

【0038】

そして、注目すべき点は、図15の第2領域bは、弁孔13aの内壁面にまで達している点である。

つまり、図15が示すような、実施の形態を持つ流量制御弁10の場合、微小ながらも弁孔13aの縮径方向に変形する可能性があることを示している。この変形はクリープ変形現象であるので、弁座15から弁体12が離間したとしても、その形状は保持される。

一方の図5に示す第1実施例の弁孔13aの内壁には、第2領域bは及ばずに第1領域aに含まれていることがわかる。よって、変形等によって、弁孔13aの縮径方向の変化の虞はないことがわかる。

この結果は、シール部12bと弁座15の接触部が、弁孔縁部13bから離れていることも少なからず影響を与えているが、弁座15に環状凹部11aを設けることによって、弁座15の一部が切り取られ、固体中を伝播する応力は、環状凹部11aの存在によってその伝達する方向が逸らされて、かつ、弁座15と弁孔縁部13bとを結ぶ稜線の長さは、弁座15と弁孔縁部13bを直線で結んだ場合よりも長くなることから、弁孔13aの内壁面まで届きづらくなっていると考えられる。

【0039】

すなわち、弁座15とシール部12bの接触部で発生した応力は、接触部を起点として筒状部17の中を伝達するが、環状凹部11aを設けることによって、弁座15から弁孔縁部13bまで直線で結んだ部分よりも筒状部17側に空間が切り取られることになる。特に、弁孔13aの中心線と平行な部分と、弁孔13aの中心線と直角な部分から成り、弁孔13aと弁座15を繋ぐ直線を直角に切り取った形で構成されているため、環状凹部

10

20

30

40

50

1 1 aの角部で応力が集中し、弁孔 1 3 a 内壁面への応力伝達を抑える役割を果たしている。

このように、弁座 1 5 に環状凹部 1 1 a を設けることで、弁孔 1 3 a の縮径方向へのクリープ変形現象による変形を抑制することができるため、微小流量域での流量変化を抑えることが可能である。

【 0 0 4 0 】

また、弁体 1 2 に流量制御部としてニードル 1 2 a を、流体遮断部としてシール部 1 2 b を備え、駆動機構も共有することができるのでコンパクトに構成され、流量制御弁 1 0 の小型化に貢献している。このため、設備の小型化に貢献する。

また、流量制御部と流量遮断部の駆動機構を共有しているため、構造が単純であり、コストを下げることに貢献している。

また、弁座 1 5 の形状について、図 1 3 及び図 1 4 に示す従来の流量制御弁 1 0 よりも、図 2 及び図 3 の第 1 実施例の流量制御弁 1 0 の方が、弁座 1 5 の外周側の角度が大きくなっている。さらに、外周側の角度が大きくなることで、弁座 1 5 が潰れて弁孔 1 3 a 側へ倒れ込むことも防止できる。

この弁座 1 5 の外周側の角度を大きくする目的から考えれば、内周側のテーパの角度も同様に大きくすることで効果はあるが、弁孔縁部 1 3 b と弁座 1 5 の距離が相対的に長くなることになるので、結果的に流量制御弁 1 0 が大きくなってしまい、コンパクト化に反することとなる。従って、第 1 実施例では弁座 1 5 の内周側はテーパの角度を大きくせず、外周側のテーパの角度を大きくしている。

この結果、弁座 1 5 のクリープ変形による圧縮側への変形量を抑えて、ニードル 1 2 a と弁孔縁部 1 3 b の距離の変化を抑え、弁座 1 5 が内側に倒れ込むことによる、弁孔 1 3 a の縮径方向の変形を抑えることができる。

【 0 0 4 1 】

また、弁体 1 2 に備えるシール部 1 2 b についても、図 1 3 及び図 1 4 に示す従来の流量制御弁 1 0 のシール部 1 2 b の厚みに比べて薄くなっていることが分かる。これは、弁体 1 2 に用いる材質が P T F E 等の比較的クリープ変形しやすい材質であるため、シール部 1 2 b は薄くし、弁体保持部 1 8 をバックアップとして補強してやることで、変形を防ぎ流量安定性を確保する狙いがある。

また、ピストン 2 2 と流量調節ロッド 2 3 の間に備える第 2 スプリング 2 5 についても、従来は備えられていなかったが、流量調節ロッド 2 3 を固定するためのロックナットを締め際に、流量調節ロッド 2 3 の外側に切られているネジのガタ分だけバックラッシュが発生し、位置がずれてしまうことがある。このため、第 2 スプリング 2 5 によって、常に一定方向に付勢しておくことで、流量調節ロッド 2 3 のバックラッシュが流量に与える影響を抑える効果がある。

【 0 0 4 2 】

微小流量の調整は、ニードル 1 2 a と弁孔縁部 1 3 b の隙間の調整によって行われるが、その隙間が非常に狭くなるために、微細な他の影響も流量に大きな影響を与えてしまう。

第 1 実施例の流量制御弁 1 0 によれば、これらの影響を抑え流量安定性を確保することが可能である。

また、図 4 に示したグラフの結果に基づいて、ニードル 1 2 a と弁孔縁部 1 3 b の距離が設定されるために、工場での調整時に予定された距離で使用時も使用することが可能で、流量を適正に調整することが可能になる。

図 6 に、流量制御弁の弁閉時における弁座の潰れシロを示す部分拡大図を示している。

弁座 1 5 は、図 4 に示したように潰れシロ a だけ潰れることで、弁座 1 5 に弁体 1 2 が当接している際のニードル 1 2 a と弁孔縁部 1 3 b の流量調整隙間 b が近くなってしまう。

このように、弁体 1 2 と弁座 1 5 の相対位置が適正な位置に調整して工場出荷されないと、弁座 1 5 が図 4 に示したような変形を起こすことで、ニードル 1 2 a と弁孔縁部 1 3

10

20

30

40

50

bの距離が縮まることとなる。

ニードル12aと弁孔縁部13bとの距離である流量調整隙間bは、微少流量を制御するために、もともと当接するか、当接しないかというギリギリのところを狙って設定される。このため、弁座15の変形量によっては、ニードル12aと弁孔縁部13bが使用中に接触してしまい、結果的に流量が狂ってしまうという問題を発生したり、パーティクルを発生したりするという問題を引き起こしかねない。

したがって、工場出荷時に弁座15の潰れシロaを予測して弁体12と弁座15の相対位置を決定しておくことは重要である。

【0043】

以上に説明した、第1実施例の流量制御弁によれば、以下のような優れた作用、効果が得られる。

(1)樹脂で形成されたボディ部11に設けられた第1流路13と、第1流路13に接続する弁孔13aと、弁孔13aの周囲を囲んで設けられた弁座15と、弁座15の周囲に設けられた弁室16と、弁室16と接続する第2流路14と、弁室16に流入する流量を調整する流量調節ロッド23を備え、流量を制御する流量制御弁10において、流量調節ロッド23を調節することで弁体12の開度を変化させて流量を調節し、弁座15は、弁孔13aの外周部分に、弁体12が弁座15に当接した際に弁孔13aが径方向に変形することを防止する、環状凹部11aを有していることを特徴とする。

【0044】

弁座15に腐食を防ぐためにPTFEやPFA等の樹脂を用いる場合、クリープ変形現象に注意する必要がある。

樹脂製のボディ部11を備える流量制御弁10においても、弁体12が弁座15に当接する際に弁座15に与える応力が、繰り返し与えられることで、次第に弁座15に圧縮方向のクリープ変形現象による変形が発生する。このクリープ変形現象は弁孔13aの内壁面にも及び、縮径方向への変形となって現れる。

【0045】

後述の図15に示すシミュレーション結果によって出願人が発見した事実によれば、弁座15に加えられた応力は弁孔13aの内壁面にまで達していることが示されており、樹脂ボディを採用している流量制御弁10では、この弁座15に与えられた応力によって、クリープ変形現象を起こし、弁孔13aが縮径方向に変形してしまう虞がある。

弁座15に与えられた応力はボディ部11を伝播するが、流量制御弁10のコンパクト化のために弁座15と弁孔13aの距離が近くなると、弁孔13aの内壁面にまでこの応力の影響が及ぶこととなり、弁孔13aの壁面では伝播された応力が開放されてクリープ変形現象による変形となって現れる。

しかし、環状凹部11aを弁座15に設けることで、環状凹部11aによって弁座15が空間的に切り取られ、弁座15に加えられた応力の影響が弁孔13aの内壁面にまで伝播することを抑制することが可能となる。この結果は、後述の図5に示すシミュレーションの結果が示す通りであり、環状凹部11aを設けることで、応力が伝播する方向を逸らし、伝播距離を伸ばすことで、弁孔13aの縮径方向へのクリープ変形現象を抑制することができる。

また、弁座15に付勢される応力によって、場合によっては弁孔13aの拡径方向への変形も考えられ、特に弁孔縁部13bの径が拡大すると流量が変化してしまうことも考えられるが、このようなクリープ変形現象も抑制が期待できる。

【0046】

流量を制御する流量制御弁10においては、弁体12が弁座15に当接した際に発生する応力によって発生するクリープ変形現象が、弁孔13aの縮径方向、又は弁孔13aの拡径方向への微小な変形となって現れる場合にも、流量の影響を受けてしまい、正確な制御が難しくなる。

したがって、本発明によってこのような応力による弁孔13aの径方向の変化の影響を回避できることは流量安定性の向上に繋がる。また、流量調節部と流体遮断部の機構を分

10

20

30

40

50

離する必要がなくなるため、流量制御弁 10 のボディ部 11 及び機構部 20 を小さくすることができ、設備の縮小に貢献できる。

そして、流量調節部と流体遮断部の機構を別にしたことで、例えば特許文献 1 等のように構造が複雑になるようなこともない。

【0047】

(2)(1)に記載された流量制御弁 10 において、弁座 15 を、弁孔 13 a の中心線を通る断面で切断した際に、弁座 15 と弁体 12 の当接部から弁孔縁部 13 b までを結ぶ直線と、当接部を通る弁孔 13 a の中心線と平行な直線とが成す角度を α_1 とし、当接部側の環状凹部 11 a の縁を通る、当接部から弁孔縁部 13 b までの稜線の接線と、当接部を通る弁孔 13 a の中心線と平行な直線とが成す角度を α_2 とし、弁孔縁部 13 b 側の環状凹部の縁を通る、稜線の接線と、弁孔 13 a の中心線と平行な直線とが成す角度を α_3 とした場合、 α_2 の値が α_1 の値より小さく、 α_3 の値が α_1 の値よりも大きくなることを特徴とする。

10

【0048】

このように、 $\alpha_2 < \alpha_1$ 及び $\alpha_1 < \alpha_3$ という関係を作ることによって、弁座 15 と弁体 12 の当接部から弁孔縁部 13 b までを結ぶ直線をえぐる形で凹部を形成でき、つまり弁座 15 に環状凹部 11 a を形成することになる。

そして、 $\alpha_2 < \alpha_1$ 及び $\alpha_1 < \alpha_3$ とすることで環状凹部 11 a を形成し、弁座 15 に加えられた応力の伝播する方向を逸らし、クリープ変形現象による弁孔 13 a の内壁面に変形が生じることを抑制できる。特に α_2 の角度が小さくなれば、この抑制効果はより大きくなる。

20

【0049】

(3)(1)又は(2)に記載された流量制御弁において、弁座 15 を、弁孔 13 a の中心線を通る断面で切断した際に、弁座 15 と弁体 12 の当接部から弁孔縁部 13 b までを結ぶ稜線部に、中心線と直交する部分と、中心線と平行な部分とで環状凹部 11 a を構成することを特徴とする。

弁座 15 と弁体 12 の当接部から弁孔縁部 13 b までを結ぶ稜線部に、中心線と直交する部分と、中心線と平行な部分とで環状凹部 11 a を構成するということは、即ち(2)で示す $\alpha_2 = 0^\circ$ 、 $\alpha_3 = 90^\circ$ とすることを意味する。そして、(2)で前述した通り α_2 の値は小さい方が、応力の伝播方向を逸らす効果が高くなるので、(3)の構成を採用すれば、(2)の効果をより確実に得ることができる。

30

【0050】

(4)(1)乃至(3)のいずれかに記載された流量制御弁 10 において、弁体 12 にニードル 12 a と、ニードル 12 a の外周にシール部 12 b を備え、流量調節ロッド 23 を操作することで、弁孔 13 a の内部にニードル 12 a が挿入され、流量の調整が可能であり、シール部 12 b が弁座 15 に当接することで、流体を遮断することを特徴とする。

このように、ニードル 12 a を弁孔 13 a に挿入することで流量を調整する方式を採用することで、微量の設定を容易にすることが可能となる。

【0051】

(5)(4)に記載された流量制御弁において、弁座 15 がシール部 12 b に当接した状態のニードル 12 a と弁孔縁部 13 b との距離が、使用中に弁座 15 が変形する高さを想定し、ニードル 12 a と弁孔縁部 13 b が、弁座 15 の変形後も当接しないよう設定されることを特徴とする。

40

このため、使用者が流量制御弁 10 を設備に組み込んで使用する際には、弁座 15 が一定量潰れ、通常の使用状態ではそれ以上変形しない状態にあるので、ニードル 12 a と弁孔縁部 13 b との距離が変化せず、時間経過とともに流量の変化が起きにくくなる。

これは、弁体 12 が弁座 15 に加える加重が一定量であるので、弁座 15 の潰れ量は一定の範囲を超えると安定する傾向にあり、その関係を利用して使用者が使用する際の弁孔縁部 13 b とニードル 12 a との距離が予測できるためである。そこで、制作時には弁座 15 の潰れシロを見越して弁体 12 の高さを設定してやることで、使用中に流量の変化が

50

起きにくくすることができる。

また、弁座 15 が変形した状態でもニードル 12 a と弁孔縁部 13 b が接触しないように設定されるために、流量の変化やパーティクルの発生を防ぐことが可能となる。

このようにして、流量制御弁 10 の流量安定性を確保することが可能となる。

【0052】

(6)(1)乃至(5)のいずれかに記載された流量制御弁において、弁座 15 の外周側のテーパ角度を内周側よりも緩やかにし、弁座 15 に肉厚を持たせたことを特徴とする。

このため、弁座 15 に弁体 12 が当接した際に、弁座 15 部分が潰れる量が少なくなる。また、弁座 15 の外周側を厚くすることで内側への倒れ込みを防止することが可能となる。

10

弁体 12 と流量調節部が一体となっているため、弁座 15 が潰れて距離が変化すると、流量調節ロッド 23 による微少調節量が変化してしまうこととなるが、弁座 15 が潰れにくくなり、弁座 15 の倒れ込みも防止できることで、このような流量の変化を防止することができる。

【0053】

(7)(1)乃至(6)のいずれかに記載された流量制御弁において、流量調節ロッド 23 を弁閉方向に付勢する第 2 スプリング 25 を備え、第 2 スプリング 25 の復元力によって流量調節ロッド 23 に付勢することで、流量調節ロッド 23 のバックラッシュを吸収することを特徴とする。

このため、流量制御弁 10 の微少流量の調整において、流量の誤差を最小限に抑えることができる。

20

【0054】

(第 2 実施例)

次に、本発明の第 2 実施例について説明を行う。

第 2 実施例の構成は、第 1 実施例とほぼ同じであるので、構成の異なる部分だけ説明を行う。

第 1 実施例と異なるのは、環状凹部 11 a の形状である。図 7 及び図 8 にその様子を示す。

図 7 は、第 2 実施例の流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図である。また、図 8 は、第 2 実施例の流量制御弁の弁開時における弁座周辺の断面詳細図である。

30

図 7 及び図 8 に示すように、環状凹部 11 a の形状は、第 1 実施例に示したように弁座 15 を直角にえぐる形状ではなく、斜めにカットした形状となっている。

具体的には、弁座 15 の頂部と弁孔縁部 13 b を結ぶ直線と、弁孔 13 a の中心線がなす角度を θ_1 、環状凹部 11 a の弁座 15 側の縁から伸びる稜線と、弁孔 13 a の中心線とがなす角度を θ_2 、環状凹部 11 a の弁孔縁部 13 b 側の縁から伸びる稜線と、弁孔 13 a の中心線とがなす角度を θ_3 とすると、 $\theta_1 < \theta_2$ でかつ $\theta_2 < \theta_3$ となるような稜線で、環状凹部 11 a が構成されている。なお、ここでは環状凹部 11 a の弁孔縁部 13 b 側の縁は、弁孔縁部 13 b と同一である。

なお、第 2 実施例では、 θ_1 は 50° 、 θ_2 は 30° 、 θ_3 は 60° としている。

また、図 7 及び図 8 では、図 2 及び図 3 に示したように、ニードル 12 a と弁孔縁部 13 b が接触しているように描かれているが、実際には図 6 に示したように流量調整隙間 b が設けられている。

40

【0055】

次に、第 2 実施例の作用、効果について説明する。

第 2 実施例の環状凹部 11 a は、第 1 実施例の環状凹部 11 a 同様に、弁座 15 に設けられることで、弁体 12 が弁座 15 に当接した時に発生する応力が引き起こす、クリープ変形現象を抑制することが可能である。

これは、図 5 に示された応力解析の結果のように、弁座 15 を起点として発生した応力が、環状凹部 11 a が設けられることで、弁孔 13 a の内壁面に到達しにくくなっているためである。つまり、環状凹部 11 a を設けることにより、応力の伝播する方向を逸らす

50

ことが可能で、弁座 15 から弁孔縁部 13 b までの稜線の距離が、直線で結ぶ場合よりも長くなることから、伝播する距離も増えるため、弁孔 13 a の内壁面に応力の影響が及びにくくなるからである。

この効果は、 α_2 の値が小さくなるほど効果が高くなる。 α_2 が負の値をとる場合も有効であるが、加工が難しくなる他、液溜まり等の原因になりやすいので、 α_2 が 0 の値に近づいた方が良いと思われる。

【0056】

第 2 実施例の環状凹部 11 a は、第 1 実施例の環状凹部 11 a が α_2 の角度が 0、つまり弁孔 13 a の中心線と平行に設定されているのに比べて、幾分 α_2 が緩やかに設定されている。このため、弁孔 13 a の内壁面のクリープ変形現象抑制効果は、第 1 実施例ほど

10

高くない。
しかし、流量制御弁 10 を流通する流量や第 1 スプリング 24 に設定されている圧力が第 1 実施例の形態の環状凹部 11 a を採用するほど強くない場合は、第 2 実施例のように α_2 に角度を付けてあったとしても、第 1 実施例と同様に弁孔 13 a の縮径方向への変形を抑える効果がある。

そして、環状凹部 11 a が鋭角に設定されていない分、液溜まりや乱流を発生しにくくする効果が得られる。

したがって、流量制御弁 10 を流れる流体の流速、第 1 スプリング 24 に設定されるバネ定数等によって第 1 実施例の環状凹部 11 a の形状とするのか、第 2 実施例の環状凹部 11 a の形状とするのか、適宜変更すればよい。

20

【0057】

(第 3 実施例)

次に、本発明の第 3 実施例について説明を行う。

第 3 実施例の構成は、第 1 実施例とほぼ同じであるので、構成の異なる部分だけ説明を行う。図 9 及び図 10 にその様子を示す。

図 9 は、第 3 実施例の流量制御弁の弁閉時における弁座付近の断面詳細図である。また、図 10 は、第 3 実施例の流量制御弁の弁開時における弁座付近の断面詳細図である。

第 1 実施例と異なるのは、弁体 12 に備えられるニードル 12 a の形状である。第 3 実施例のニードル 12 a は、円筒形状となっており、先端にテーパ面を備えていて、流量調整が可能となっている。

30

すなわち、ニードル 12 a は円筒部分 12 a a と、テーパ部分 12 a b から構成されている。また、円筒部分 12 a a は、弁孔 13 a よりも細くなっている。

【0058】

次に、第 3 実施例の作用、効果について説明する。

第 3 実施例の作用効果は、第 1 実施例の作用効果と基本的に同じであるが、異なる部分だけ説明する。

第 3 実施例のニードル 12 a は、円筒部分 12 a a とテーパ部分 12 a b から成ることで、テーパ部分 12 a b で流量の調整を行うことができる。また、弁孔 13 a よりも細い円筒部分 12 a a を備えることで、弁体 12 はシール部 12 b 以外で弁座 15 に接触することがない。

40

第 1 実施例の方法でも弁座 15 とシール部 12 b 以外の部分では、基本的に接触はしないが、弁座 15 が予定以上に潰れてしまうと、ニードル 12 a と弁孔縁部 13 b が接触してしまうことがある。ニードル 12 a と弁孔縁部 13 b の接触はパーティクルの発生に繋がる他、調整する流量が変化してしまうことがある。

そこで、場合によっては、図 9 及び図 10 に示すように、ニードル 12 a を弁孔 13 a の内径よりも細い円筒部分 12 a a と、テーパ部分 12 a b から構成することで、第 1 実施例と同等の効果を得ると共に、パーティクル発生の虞を防ぐことができる。

【0059】

(第 4 実施例)

次に、本発明の第 4 実施例について説明を行う。

50

第4実施例の構成は、第1実施例とほぼ同じであるので、構成の異なる部分だけ説明を行う。図11にその様子を示す。

図11は、第4実施例の流量制御弁の弁閉時における弁座付近の断面詳細図である。

第1実施例と異なるのは、弁体12に備えられるシール突起12dによって、弁座15とシールする点と、弁座15側がフラットになっている点である。

即ち、弁体12側と弁座15側と、凸になる部分が第1実施例と逆となる構成となっている。

なお、図11では、図2及び図3に示したように、ニードル12aと弁孔縁部13bが接触しているように描かれているが、実際には図6に示したように流量調整隙間bが設けられている。

10

【0060】

次に、第4実施例の作用、効果について説明する。

第4実施例の作用効果は、第1実施例の作用効果と基本的に同じであるが、異なる部分だけ説明する。

第4実施例のシール突起12dは、流量制御弁10の弁閉時において、弁座15と当接してシールを行う。この際に、シール突起12d側を突起状にして潰れやすくすることで、弁座15側のクリープ変形現象を抑制する効果がある。もっともシール突起12d側の変位量を見込んで、ニードル12aと弁孔縁部13bの距離を設定してやる必要がある点は第1実施例と同様である。

【0061】

20

(第5実施例)

次に、第5実施例について説明を行う。

第5実施例の構成は、第1実施例とほぼ同じであるので、構成の異なる部分だけ説明を行う。図12にその様子を示す。

図12は、第5実施例の流量制御弁の弁閉時における弁座付近の断面詳細図である。

第1実施例と異なるのは、弁孔縁部13bの部分にテーパが設けてある点である。

第5実施例の作用効果は、第1実施例の作用効果と基本的に同じであるが、このように、弁孔縁部13bにニードル12aと同じ傾斜角のテーパを設けることで、第1実施例に示した効果の他に、万が一、ニードル12aが弁孔縁部13bに接触したとしても、お互いに変形しにくくなるという効果が得られる。

30

【0062】

なお、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は、上記実施の形態に限定されることなく、色々な応用が可能である。

例えば、前述した通り流量制御弁10の材質をPTFEやPFA等と例示しているが、薬液に対して耐食性の強い樹脂であれば、これに限らず発明の趣旨を逸脱しない範囲で適用可能である。

また、第1実施例乃至第5実施例では、ノーマルクローズタイプのアオペレートタイプの流量制御弁について説明しているが、手動弁や、電磁弁、モータ駆動式の弁でも適用可能であるので、適宜変更することを妨げない。

また、第2実施例においては、弁座15の頂部から弁孔縁部13bまでは2つの線分で稜線が構成されているが、接続部分の角をR処理する等、環状凹部11aを円弧状に構成しても同等の効果が得られる。また、3つ以上の線分で稜線を構成しても構わない。つまり r_2 の値が r_1 の値より小さく、 r_3 の値が r_1 の値よりも大きくなれば良い。

40

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】本発明の第1実施例の、流量制御弁が開状態である断面図を示している。

【図2】本発明の第1実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

【図3】本発明の第1実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

50

【図4】本発明の第1実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座の変形と時間の関係を示したグラフを示している。

【図5】本発明の第1実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座と弁体の応力解析を行い、その応力分布状態を示している。

【図6】本発明の第1実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座の潰れシロに関する部分拡大図を示している。

【図7】本発明の第2実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

【図8】本発明の第2実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

10

【図9】本発明の第3実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

【図10】本発明の第3実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

【図11】本発明の第4実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

【図12】本発明の第5実施例の、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

【図13】従来技術の例としてあげた、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

20

【図14】従来技術の例としてあげた、流量制御弁の弁閉時における弁座周辺の断面詳細図を示している。

【図15】従来技術の例としてあげた、流量制御弁の弁閉時における弁座と弁体の応力解析を行い、その応力分布状態を示している。

【符号の説明】

【0064】

10 流量制御弁

11 ボディ部

11a 環状凹部

12 弁体

30

12a ニードル状突起

12b シール部

12c ダイヤフラム膜部

13 第1流路

13a 弁孔

14 第2流路

15 弁座

16 弁室

17 筒状体

20 機構部

40

21 アクチュエータボディ

22 ピストン

23 流量調節ロッド

24 第1スプリング

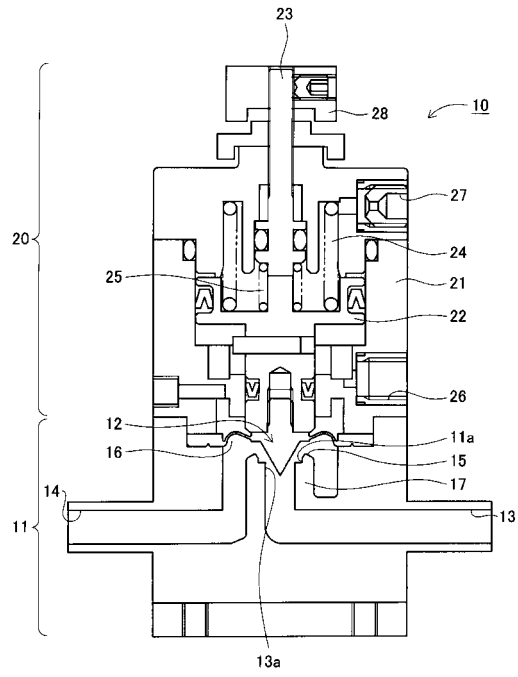
25 第2スプリング

26 操作ポート

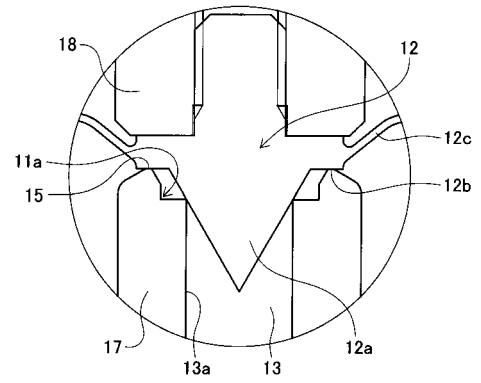
27 排気ポート

28 つまみ

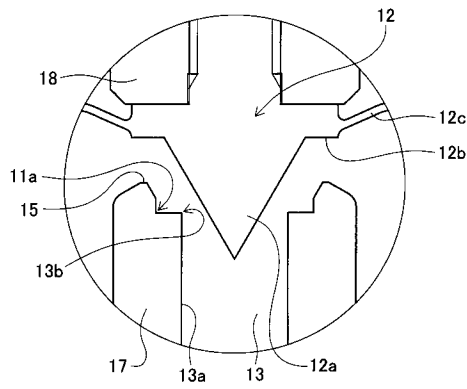
【図1】



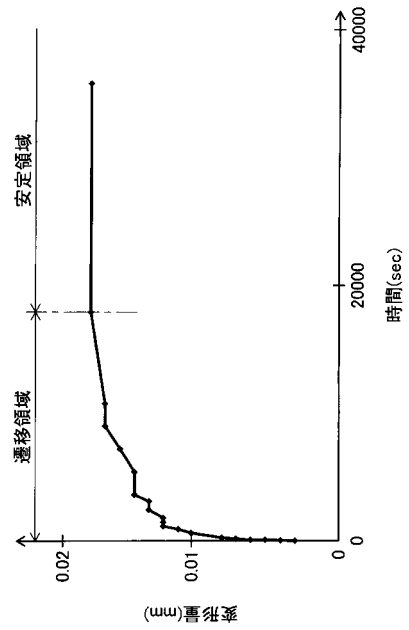
【図2】



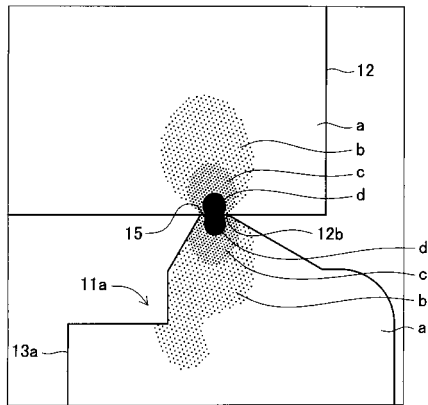
【図3】



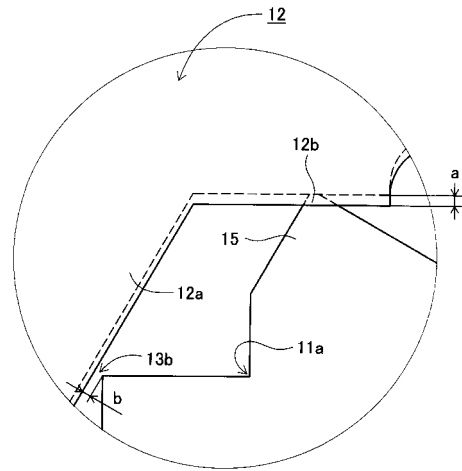
【図4】



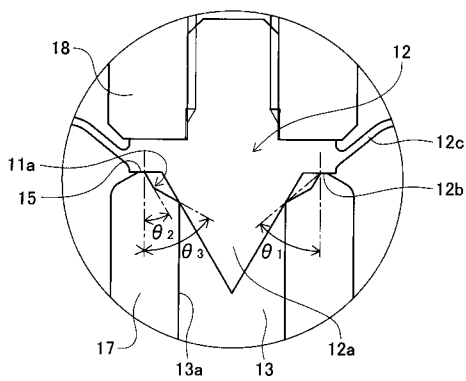
【 図 5 】



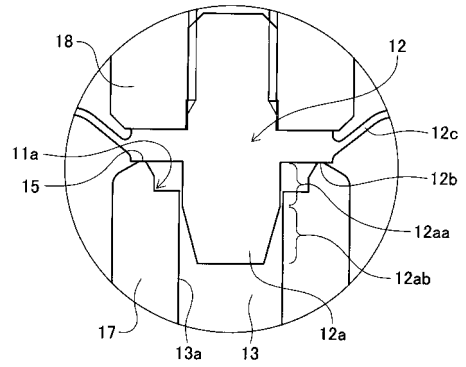
【 図 6 】



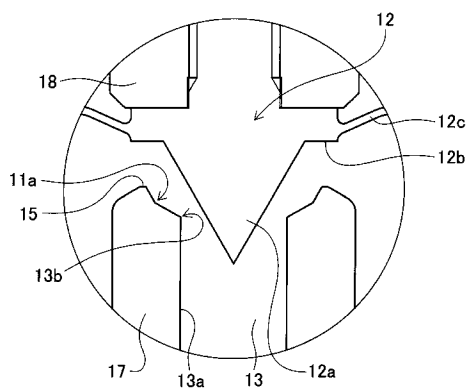
【 図 7 】



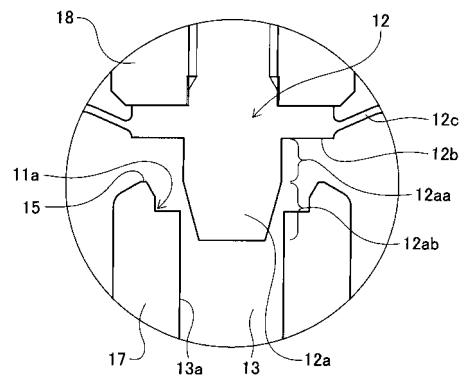
【 図 9 】



【 図 8 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10 - 274345 (JP, A)
特開2003 - 322275 (JP, A)
特開2004 - 316679 (JP, A)
実開平04 - 111966 (JP, U)
特開2004 - 044673 (JP, A)
特開2003 - 314745 (JP, A)
特開2003 - 294165 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- F16K 31/12 - 31/165,
F16K 7/00 - 7/20,
F16K 1/00 - 1/54