

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4147659号
(P4147659)

(45) 発行日 平成20年9月10日 (2008. 9. 10)

(24) 登録日 平成20年7月4日 (2008. 7. 4)

(51) Int. Cl.	F 1
CO 1 B 3/32 (2006. 01)	CO 1 B 3/32 A
HO 1 M 8/06 (2006. 01)	HO 1 M 8/06 G

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平10-368081	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成10年12月24日 (1998. 12. 24)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2000-185903 (P2000-185903A)		愛知県豊田市トヨタ町 1 番地
(43) 公開日	平成12年7月4日 (2000. 7. 4)	(74) 代理人	100083998
審査請求日	平成17年12月26日 (2005. 12. 26)		弁理士 渡邊 丈夫
		(72) 発明者	山岡 正明
			愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	山下 勝司
			愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	前田 岩夫
			愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改質器の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

改質原料を加熱昇温するとともに加熱昇温された改質原料から改質反応によって改質ガスを生成させる改質器の制御装置において、

前記改質原料を改質反応の前に所定の目標温度に加熱昇温する加熱部と、

前記加熱部に供給される改質原料の量を判定する改質原料量判定手段と、

この改質原料量判定手段で判定された改質原料量の増大に応じて前記目標温度を高くする目標温度設定手段と、

前記加熱部で加熱昇温された改質原料の流量に関する物理量を検出する検出手段と、

この検出手段で検出された物理量に基づいて前記目標温度を補正する補正手段と
を備えていることを特徴とする改質器の制御装置。

10

【請求項 2】

前記加熱部が空気と燃焼燃料との酸化を生じさせる燃焼部を備え、

その加熱部に対する空気の供給量を前記改質原料量判定手段で判定された改質原料量に応じて増減する空気量制御手段を更に備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の改質器の制御装置。

【請求項 3】

改質原料を加熱昇温するとともに加熱昇温された改質原料から改質反応によって改質ガスを生成させる改質器の制御装置において、

空気と燃焼燃料との酸化を生じさせる燃焼部を有するとともにその燃焼部の熱で、前記

20

改質原料を、改質反応の前に所定の目標温度に加熱昇温する加熱部と、

前記加熱部に供給される改質原料の量を判定する改質原料量判定手段と、

前記加熱部に対する空気の供給量を前記改質原料量判定手段で判定された改質原料量に応じて増減する空気量制御手段と、

前記加熱昇温された改質原料の流量に関する物理量を検出する検出手段と、

この検出手段で検出された物理量に基づいて前記空気供給量を補正する補正手段とを備えていることを特徴とする改質器の制御装置。

【請求項 4】

前記加熱部自体の熱容量に基づいて前記加熱部での発生熱量を補正する加熱熱量補正手段を更に備えていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の改質器の制御装置。

10

【請求項 5】

前記物理量は、前記改質原料の流量であることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の改質器の制御装置。

【請求項 6】

空気と燃焼燃料との酸化を生じさせて前記改質原料を加熱するための熱を発生させる燃焼部と、

前記加熱昇温するために供給される改質原料の量を判定する改質原料量判定手段と、

前記空気の供給量を前記改質原料量判定手段で判定された改質原料量に応じて増減する空気量制御手段と

20

を更に備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の改質器の制御装置。

【請求項 7】

前記空気量制御手段は、前記改質原料量が少ない場合に、改質原料の温度が下限温度以上になるように前記燃焼部での空気量を制御する手段と、前記改質原料量が多い場合に、改質原料の温度が上限温度以下になるように前記燃焼部での空気量を制御する手段との少なくともいずれか一方を含むことを特徴とする請求項 6 に記載の改質器の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、メチルアルコールなどの炭化水素および水などからなる改質原料を加熱してそれらの混合蒸気を得、これを改質触媒などからなる改質部に供給して水素リッチなガスなどの所望の燃料に改質する改質器に関し、特に改質原料蒸気を得るための加熱制御をおこなう装置に関するものである。

30

【0002】

【従来の技術】

この種の改質器の一例として、メチルアルコール（メタノール）と水とを原料として水素ガスを主体とする改質ガスを生成する改質器が知られている。この改質器は、銅合金などを触媒としており、その触媒の活性温度が一例として 280℃ 程度であって、それより温度が低い場合には、メタノールが十分に改質されずに改質ガスに残留するメタノールの量が多くなる。また、メタノールの改質反応は、吸熱反応であるから、前記の触媒の温度を維持すると同時に、改質反応を促進するために、外部から熱を供給している。

40

【0003】

その加熱の方法は、バーナなどで加熱する以外に、酸化反応によって発熱させ、その熱を改質部に伝達する方法が知られている。後者の方法は、いわゆる部分酸化反応による方法であり、例えばメタノール蒸気に空気を混合し、これを触媒の下で酸化させて水素を発生させ、その際の熱を利用するものである。したがってこの部分酸化反応を利用すれば、改質反応に伴う熱を部分酸化反応によって補い、吸熱量と発熱量とをバランスさせることにより、外部からの加熱を不要にすることもできる。しかしながらこれは、改質部での熱収支がバランスして改質および酸化による温度変化がないことをもたらすのみであり、改質部の温度を目的温度に設定する用をなすものではない。

50

【0004】

すなわち改質部の温度を、改質反応あるいは触媒の活性に好適な温度に設定するためには、外部からの加熱が必要である。そのため、この種の改質器では、燃焼部で発生させた熱によってメタノールと水との混合液を、所定温度の蒸気とし、これを改質部に供給している。

【0005】

上記の改質器を、例えば燃料電池における燃料ガスを生成するための手段として使用した場合、燃料電池の負荷の変動に応じて改質器での反応を制御する必要がある。すなわち負荷の増大に伴って改質ガスの生成量を増大させ、また負荷が低下した場合には改質ガスの生成量を減少させる必要がある。改質ガスの発生量を増減するためには、改質部に供給する原料すなわちメタノールと水との混合蒸気を増減することになるが、そのためには、当然、目的とする温度のメタノールおよび水の混合蒸気を発生させるのに要する加熱熱量を増減させる必要がある。

10

【0006】

このような制御をおこなう装置の一例が特開平7-296834号公報に記載されている。この公報に記載された装置は、バーナーで発生させた燃焼熱によって改質器を加熱するように構成されたプラントを対象とするものであって、改質器の入口温度および出口温度、改質器バーナの入口温度および出口温度を検出し、これらの温度に基づいて燃料ガスと酸化剤との流量制御をおこなうことにより、改質器バーナでの安定燃焼を確保するように構成されている。

20

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上記の公報に記載されているように改質部の入口と出口との温度およびバーナの入口と出口との温度を検出すれば、改質反応の状況や改質温度の状態を知ることができると同時に、未利用の改質ガスをバーナで燃焼させる場合に、燃焼の安定状態を知ることができ、したがってその検出値に基づいて安定燃焼のための制御をおこなうことができる。しかしながら、このような制御では、改質器に対する改質原料の供給量が変化した場合の制御を必要十分におこなうことができない。

【0008】

すなわち、上記の公報にも記載されているように、改質器は燃料電池などに対する燃料供給源として使用されることが多く、その場合、改質ガスの要求量に応じて改質器に供給する改質原料量が変化させられるが、この改質原料は改質触媒の活性温度より低温の状態では供給されるから、加熱して蒸気とする必要がある。したがって改質原料の増減に応じてこれを加熱するための加熱用の燃料の量を増減する必要があるが、改質原料量の変更指示から実際にその量の改質原料が蒸発部に供給されるまでの時間遅れや、加熱用燃料量の変更の指示から実際にその量の加熱用燃料が燃焼部に供給されるまでの時間遅れ、さらにはその加熱用燃料量に応じた発熱量となるまでの時間遅れなどの遅れの要因や、改質原料量あるいは加熱用燃料量の変動に伴う周囲の環境との相対関係の変動などのいわゆる外乱要因がある。そのため、改質反応や燃焼の結果として生じる温度変化のみに基づいて、改質原料の加熱の制御をおこなったのでは、目的とする温度の改質原料を得ることができず、また改質原料を加熱する装置の溶損などの不都合を生じる可能性がある。

30

40

【0009】

この発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、改質原料を加熱する制御の過渡応答性を向上させることのできる装置を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段およびその作用】

上記の目的を達成するために、請求項1に記載された発明は、改質原料を加熱昇温するとともに加熱昇温された改質原料から改質反応によって改質ガスを生成させる改質器の制御装置において、前記改質原料を改質反応の前に所定の目標温度に加熱昇温する加熱部と、前記加熱部に供給される改質原料の量を判定する改質原料量判定手段と、この改質原料

50

量判定手段で判定された改質原料量の増大に応じて前記目標温度を高くする目標温度設定手段と、前記加熱部で加熱昇温された改質原料の流量に関する物理量を検出する検出手段と、この検出手段で検出された物理量に基づいて前記目標温度を補正する補正手段とを備えていることを特徴とするものである。

【0011】

したがって請求項1の発明では、改質原料が増量されると、これを蒸気とする場合、その蒸発潜熱が増大する。これに対して加熱目標温度が高く設定されるので、蒸発潜熱として奪われる熱量が多くなっても改質原料の加熱温度が低下することが防止され、目標とする温度の改質原料を得ることができる。また、加熱されて実際に流動している改質原料の量に基づいて目標温度もしくは空気供給量が補正される。そのため、加熱部での発熱量のバラツキや熱交換量のバラツキさらにはバルブなどの機能部材の個体差の影響が回避もしくは抑制される。

10

【0012】

また、請求項2の発明は、請求項1の構成に加えて、前記加熱部が空気と燃焼燃料との酸化を生じさせる燃焼部を備え、その加熱部に対する空気の供給量を前記改質原料量判定手段で判定された改質原料量に応じて増減する空気量制御手段を更に備えていることを特徴とするものである。

【0013】

したがって請求項2の発明では、改質原料量が少ない場合に空気の供給量が少なくなり、また反対に改質原料量が多い場合は空気供給量が多くなる。その結果、改質原料量が少ないことにより目標温度が低く設定されると、空気量が少ないことにより空気の加熱昇温のための熱量や空気が持ち去る熱量が少なくなる。反対に改質原料量が多いことにより目標温度が高い場合には、空気供給量が多くなってその加熱昇温のための熱量や空気持ち去る熱量が多くなる。そのために改質原料の加熱不足や過熱が防止される。

20

【0014】

さらに、請求項3の発明は、改質原料を加熱昇温するとともに加熱昇温された改質原料から改質反応によって改質ガスを生成させる改質器の制御装置において、空気と燃焼燃料との酸化を生じさせる燃焼部を有するとともにその燃焼部の熱で前記改質原料を改質反応の前に所定の目標温度に加熱昇温する加熱部と、前記加熱部に供給される改質原料の量を判定する改質原料量判定手段と、前記加熱部に対する空気の供給量を前記改質原料量判定手段で判定された改質原料量に応じて増減する空気量制御手段と、前記加熱昇温された改質原料の流量に関する物理量を検出する検出手段と、この検出手段で検出された物理量に基づいて前記空気供給量を補正する補正手段とを備えていることを特徴とするものである。

30

【0015】

したがって請求項3の発明では、検出された物理量が加熱された改質原料の流量に相当しており、その結果、加熱されて実際に流動している改質原料の量に基づいて空気供給量を補正することになる。そのため、加熱部での発熱量のバラツキや熱交換量のバラツキさらにはバルブなどの機能部材の個体差の影響が回避もしくは抑制される。

【0016】

40

そして請求項4の発明は、請求項1ないし3のいずれかの構成に加えて、前記加熱部自体の熱容量に基づいて前記加熱部での発生熱量を補正する加熱熱量補正手段を更に備えていることを特徴とするものである。

またさらに、請求項5の発明は、請求項1ないし4のいずれかの構成において、前記物理量は、前記改質原料の流量であることを特徴とするものである。

そしてまた、請求項6の発明は、請求項1の発明において、空気と燃焼燃料との酸化を生じさせて前記改質原料を加熱するための熱を発生させる燃焼部と、前記加熱昇温するために供給される改質原料の量を判定する改質原料量判定手段と、前記空気の供給量を前記改質原料量判定手段で判定された改質原料量に応じて増減する空気量制御手段とを備えていることを特徴とするものである。

50

請求項 6 の発明における前記空気量制御手段は、請求項 7 に記載されているように、前記改質原料量が少ない場合に、改質原料の温度が下限温度以上になるように前記燃焼部での空気量を制御する手段と、前記改質原料量が多い場合に、改質原料の温度が上限温度以下になるように前記燃焼部での空気量を制御する手段との少なくともいずれか一方を含むことができる。

【0017】

したがって請求項 4 の発明では、改質原料量の増大や減少に伴って加熱部で生じさせる熱量を変更する場合、加熱部の昇温に要する熱量や加熱部が有している熱量をも考慮して発熱量が補正され、そのために、改質原料の加熱不足や過熱が防止される。

また、請求項 5 の発明では、改質原料の流量が検出され、その検出された流量に基づいて目標温度や空気供給量が補正される。

10

そして、請求項 6 および 7 の発明によれば、燃焼燃料を酸化させるための空気量が改質原料量に応じて制御されるので、改質原料の温度を所定の温度範囲に維持することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】

つぎにこの発明を図に示す具体例に基づいて説明する。先ず、改質器としてメタノールおよび水を改質原料とした改質器を使用し、かつその改質器から生じた改質ガスを他の形態のエネルギーに変換するエネルギー変換器として燃料電池を使用したシステムについて説明する。図 7 はその一例を模式的に示しており、燃料電池 1 の燃料極（水素極）側に、改質器 2 が接続されている。この改質器 2 は、改質原料であるメタノールと水との混合物を水素と二酸化炭素とに改質するものであって、改質原料を加熱する加熱部 3 と、改質部 4 と、CO 酸化部 5 とを備えている。

20

【0019】

加熱部 3 は、改質原料を加熱してメタノールと水との混合蒸気を生じさせるためのものであり、加熱のための熱を発生させる燃焼部 6 とその熱によって改質原料を蒸発させる蒸発部 7 とによって構成されている。その燃焼部 6 としては、燃焼原料をバーナによって燃焼させる構造のものや燃焼原料を触媒によって酸化させる構成のものなどを採用することができる。したがってこの燃焼部 6 には、加熱燃料の一例であるメタノールを供給するポンプ 8 がインジェクタ 9 を介して接続され、また支燃ガスの一例である空気を供給するエア供給部 10 が設けられている。このエア供給部 10 は具体的には、エアポンプによって構成されている。

30

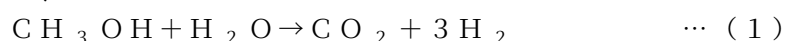
【0020】

また、蒸発部 7 には、メタノールと水との混合液を供給する改質原料供給部としてポンプ 11 が接続されている。そしてこの蒸発部 7 と前記燃焼部 6 とは、熱交換器 12 によって熱伝達可能に連結されている。なお、この加熱部 3 の更に具体的な構成については後述する。

【0021】

前記改質部 4 は、主としてメタノールと水との改質反応によって水素リッチなガスを発生させるように構成されている。具体的には、活性温度が 280℃ 程度の銅系の触媒を用いて、

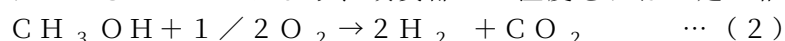
40



の改質反応によって水素ガスを主体とする改質ガスを生成するようになっている。

【0022】

またこの改質部 4 は、メタノールの部分酸化反応によって水素ガスおよび熱を生じさせるようになっており、そのためにエア供給部 13 から空気が供給されている。すなわち上記の (1) 式で示される改質反応が吸熱反応であり、これに対してメタノールの部分酸化反応である下記の (2) 式の反応が発熱反応であるから、これらの吸熱量と発熱量とをバランスさせることにより、改質部 4 の温度をほぼ一定に維持させるようになっている。



50

【0023】

上記の(1)式で示す改質反応および(2)式で示す部分酸化反応は理想状態の反応であり、また二酸化炭素は可逆的に一酸化炭素に変化するので、実際には、不可避免的に一酸化炭素ガスが改質ガスに混入する。この一酸化炭素は、燃料電池1における燃料極の触媒を被毒する原因となるので、これを除去するためにCO酸化部5が設けられている。このCO酸化部5は、CO酸化触媒(図示せず)を備えるとともに、エアー供給部14を備えており、改質部4で生成させた改質ガスを通過させることにより、改質ガスに含まれる一酸化炭素を空気中の酸素によって酸化させるように構成されている。

【0024】

一方、燃料電池1は、一例として、プロトン透過性のある高分子膜を電解質とし、その電解質膜を挟んで燃料極(水素極)15と空気極(酸素極)16とを設け、このような構成の単電池を多数直並列に接続して構成されている。各電極15, 16は、拡散層と反応層とによって構成され、燃料極15における反応層は、例えば炭素に白金やその合金あるいはルテニウムなどの触媒を担持させた多孔質構造とされている。そしてこの燃料極15に前記改質器2が連通され、ここに水素ガスを主体とする改質ガスが供給されるようになっている。また空気極16には、ポンプなどのエアー供給部17が接続され、改質ガス中の水素と反応させるための酸素を供給するようになっている。

10

【0025】

なお、各電極15, 16には、外部負荷としてバッテリー18やインバータ19が閉回路を構成するように接続されている。またこの閉回路には、電流センサ20が介装されている。さらにインバータ19には、モータ21が接続されている。このモータ21は、例えば車両の走行のための動力源とされる。

20

【0026】

上記の燃料極15で生じる水素のイオン化および電解質膜を介した酸化反応は、燃料電池1に供給した水素ガスの全てについて生じる訳ではなく、その反応効率は、数十%であり、したがって燃料極15側から生じる排ガス(以下、オフガスと記す場合がある。)には未利用の可燃性ガスすなわち水素ガスが含まれている。これを有効利用するために、燃料極15側の排ガスを前記燃焼部6に戻すためにリターン管22が、燃料電池1と燃焼部6とを連通した状態に配置されている。またこのリターン管22の中間部には、その内部を流動するガスの流量を制御するための流量調整弁23が設けられている。なお、この流量調整弁23はその開度を電氣的に制御するように構成されている。さらに、このリターン管22は、その内部を流動するガスを、燃焼部6に供給せずに適宜に外部に排出できるように構成されている。

30

【0027】

図8に上記の加熱部3の更に具体的な構成が制御系統と併せて示されている。燃焼部6は、加熱燃料としてのメタノール(以下、燃焼メタノールと記す)および/または未利用水素ガスと空気とを流通させる間に、これらの燃焼原料を酸化させる燃焼室24を備えており、その燃焼室24が上下二段に区画された構造であって、上側の区画部分の流入側にインジェクタ9が配置され、このインジェクタ9から燃焼メタノールを燃焼室24内に噴霧するようになっている。また燃焼室24の流入側で燃焼メタノールの噴霧位置の近傍に開口するエアー供給口25が形成されており、このエアー供給口25にエアーポンプ10が接続されている。

40

【0028】

さらに前記燃焼室24のうち前記インジェクタ9の近傍に、リターン管22が開口して接続されている。そしてこのリターン管22に介装してある流量調整弁23を挟んだ両側に、圧力センサ26, 27が配置され、流量調整弁23の上流側の圧力と下流側の圧力とを検出するようになっている。そして上下の各区画部分は、前記インジェクタ9を設けてある流入側とは反対側の端部で連通しており、下側の区画部分の図8での左側端部が排気部とされている。

【0029】

50

燃焼室 24 の内部に熱交換器 12 が配置されている。この熱交換器 12 は、燃焼室 24 を上下に横断するように気密状態に貫通した複数の蒸発管 28 を有しており、これらの蒸発管 28 の一方の端部が、給液管 29 に連通され、また他方の端部が蒸気管 30 に連通されている。さらに各蒸発管 28 の外周面のうち前記燃焼室 24 の内部に位置する部分には、酸化触媒 31 が取り付けられている。したがって燃焼室 24 の内部に供給された燃焼メタノールや排ガス中の未利用水素ガスがこれらの触媒 31 において空気中の酸素により酸化し、発熱するようになっている。また各蒸気管 28 には、その所定の高さまで改質原料液が供給されており、そのいわゆる液柱の部分で改質原料の蒸気が生じるので、この部分が沸騰部 28a となっており、それより上側の部分が改質原料蒸気が加熱される蒸気加熱部 28b となっている。

10

【0030】

そして、蒸気管 30 の上流側と下流側との 2 箇所に圧力センサ 32, 33 が配置され、それぞれの箇所での改質原料蒸気の圧力を検出するようになっている。また、その下流側の圧力センサ 33 よりも下流側に、蒸気管 30 の内部を改質部 4 に向けて流動する改質原料蒸気の流量を検出する流量センサ 34 が設けられている。

【0031】

前記各ポンプ 8, 10, 11 は電氣的に制御されてその吐出量を適宜に調整するように構成されており、その制御のために電子制御装置 (ECU) 35 が設けられている。この電子制御装置 35 は、中央演算処理装置 (CPU) と記憶装置 (RAM、ROM) と入出力インターフェースとを主体とするいわゆるマイクロコンピュータからなるものであり、制御データとして前記各センサ 26, 27, 32, 33, 34 による検出信号が入力されている。さらに燃料電池 1 の負荷を検出するための電流センサ 20 の検出信号が電子制御装置 35 に入力されている。なお、前記流量調整弁 23 の開度をこの電子制御装置 35 によって制御するようになっている。

20

【0032】

上述した改質器 2 の基本的な動作について説明すると、改質原料であるメタノールと水との混合液が、給液ポンプ 11 により給液管 29 を介して蒸発管 28 に供給される。これに対して燃焼室 24 には、燃焼メタノールがインジェクタ 9 によって噴霧され、あるいはこれと同時にもしくはこれに替えて未利用水素ガスを含むオフガスがリターン管 22 から供給される。また支燃ガスとして空気がエアーポンプ 10 によって供給される。この燃焼メタノールおよび／または未利用水素ガスと空気とが酸化触媒 31 において酸化反応し、すなわち燃焼し、熱を発生する。その熱によって蒸発管 28 が加熱され、その内部の混合液が蒸発し、メタノールと水との混合蒸気が生じる。また、燃焼によって生じた排ガスは排気管 33 を介して外部に送り出される。

30

【0033】

蒸発管 28 で生じた混合蒸気は、蒸気管 30 を介して改質部 4 に送られる。この改質部 4 に設けられた銅系触媒によってメタノールと水との改質反応が生じ、水素ガスおよび二酸化炭素ガスを主成分とする改質ガスが生じる。またこれと同時に、エアー供給部 13 から改質部 4 に供給された空気とメタノールとの部分酸化反応が生じる。この部分酸化反応は上述した (2) 式で表され、その結果、水素ガスと二酸化炭素ガスとが生じる。メタノールの改質反応は吸熱反応であり、これに対してメタノールの部分酸化反応は発熱反応であるから、これらの反応における吸熱量と発熱量とが等しくなるように反応を制御することにより、改質部 4 での熱収支をバランスさせ、改質部 4 の温度がほぼ一定に維持される。したがって改質部 4 での熱の出入りがないので、前記燃焼部 6 で生じさせた熱は、専ら改質原料の加熱・蒸発に使用される。

40

【0034】

改質部 4 で生じるガスは、原理的には、水素ガスと二酸化炭素ガスであるが、実際には一酸化炭素ガスがわずかに (1% 程度) 生じる。この一酸化炭素ガスの大半は、改質ガスが CO 酸化部 5 を通過する際にエアー供給部 14 から供給される空気中の酸素と反応して二酸化炭素となる。こうして水素リッチなガスとされた改質ガスが燃料電池 1 における燃料極

50

15に送られ、その反応層で水素イオンと電子とを生じるとともに、その水素イオンが電解質膜を透過して空気極16側で酸素と反応し、水を生じる。また電子は外部負荷を通して動力を生じさせる。

【0035】

以上のようにして改質器2で生じさせる改質ガスの量は、燃料電池1での負荷に応じた量に制御され、したがって加熱部3で生じさせるメタノールと水との混合蒸気量も燃料電池1での負荷に応じた量に制御される。この発明に係る制御装置は、この燃料電池1での負荷に応じた改質原料を加熱・蒸発させるために、加熱部3での改質原料の加熱を以下のように制御する。

【0036】

図1はその制御例を説明するためのフローチャートであって、まず、改質原料（メタノールと水との混合液）の量を算出する（ステップS1）。燃料電池1で使用される水素ガスは、上記の（1）式および（2）式で表される反応によって生じるから、燃料電池1に対する負荷（電流値）や改質率、燃料電池1での水素ガスの利用率さらにはファラデー定数などに基づいて算出することができる。

【0037】

つぎに改質原料の目標蒸気温度を計算する（ステップS2）。図8に示す構成の加熱部3では、蒸発管28のうちメタノールと水との混合液が入っている部分が、その混合液から蒸気が生じる沸騰部28aであり、またその液面より上側の部分が、発生した蒸気を加熱昇温する蒸気加熱部28bである。この蒸発管28に混合液を供給しつつ燃焼部6で燃焼メタノールおよび／または未利用水素ガスの燃焼を生じさせて混合液を加熱すれば、改質原料の蒸気が発生する。その場合、蒸発管28の内部での液面高さが一定であれば、改質原料の供給量 F_{el} と発生した蒸気量 F_{eg} とが等しいことになる。

$$F_{el} = F_{eg}$$

即ち、この状態が蒸発部7での過渡応答遅れのない状態であり、制御の目標となる。

【0038】

一方、混合液の蒸発潜熱と改質原料蒸気の比熱とを比較すると、前者の混合液の蒸発潜熱が十分大きいので、蒸発管28の内部での液面高さを一定に保つように燃焼燃料を供給した場合、改質原料液の供給量が少ない場合に加熱昇温された蒸気温度と、改質原料液の供給量が多い場合に加熱昇温された蒸気温度とを比較すると、

$$(\text{供給量小の場合の蒸気温度}) < (\text{供給量大の場合の蒸気温度})$$

の関係が成り立つ。すなわち、蒸発管28における液層に対する伝熱面積と気層に対する伝熱面積とは、改質原料液の供給量 F_{el} によらずに一定となるために、蒸発量を多くするように供給熱量を多くした場合には、比熱の小さい気層側すなわち改質原料蒸気が暖まりやすいことを示している。

【0039】

この改質原料液量とその加熱昇温の程度とは、基本的には上記の関係があるものの、実際には、使用する加熱部3の構造によるところも多く、そこで改質原料液量 F_{el} と蒸気温度目標値 T_{egtr} との関係を実験的もしくは設計緒元に基づく計算によって求めておく。その一例を図2に示してある。制御時におけるステップS2の計算は、具体的には、この図2に示すマップに基づいて蒸気温度目標値 T_{egtr} を求めることによりおこなわれる。

【0040】

つぎに、燃料エア流量を計算する（ステップS3）。これは、燃焼部6に供給される支燃ガスとしてのエアによって消費もしくは持ち去られる熱量を調整して、蒸気温度の不足や過熱を防止する制御である。すなわち、ステップS2での制御では、改質原料量 F_{el} に基づいて蒸気温度目標値 T_{egtr} を設定するが、前述したように改質触媒の活性温度が決まっているので、ステップS2で計算された蒸気温度目標値がその触媒の活性温度を大きく下回ったり、また反対に大きく上回ったりすることがある。このような場合、改質部4での活性が低下したり、また触媒の劣化が進行したりして改質率が悪くなり、それに伴って改質ガス中にメタノールが残り、もしくは一酸化炭素ガスが多くなるなど改質ガスの品質が

10

20

30

40

50

悪化して燃料電池 1 での電流－電圧特性（I V 特性）が悪化し、十分な発電をおこなうことが困難になる。

【0041】

このような条件から蒸気温度目標値 T_{egtr} の上限値 T_{egtu} と下限値 T_{egtl} とが定まり、蒸気温度目標値 T_{egtr} がこれらの上限値 T_{egtu} と下限値 T_{egtl} との間に入るように、燃料エア流量を計算する。これは、燃焼部 6 に供給するエアの昇温に消費される熱量とそのエアが持ち去る熱量とを、エアの供給量によって調整する制御である。すなわち、エアの供給量を少なくすれば、前記の蒸気加熱部 28b 側でエアの昇温に消費される熱量およびエアが持ち去る熱量が少なくなるので、蒸気温度が高くなり、したがってこのような制御を、図 2 に基づく計算では蒸気温度目標値 T_{egtr} が低くなる改質原料量 F_{el} の少ない場合に実施する。すなわち改質原料量 F_{el} が少ない場合に、燃焼部 6 での空燃比（A/F）を小さくし、蒸気温度が下限温度 T_{egtl} 以上となるように制御する。

10

【0042】

これとは反対にエアの供給量を多くすれば、前記の蒸気加熱部 28b でエアの昇温に消費される熱量およびエアが持ち去る熱量が多くなるので、蒸気温度が低下させられ、したがってこのような制御を、図 2 に基づく計算では蒸気温度目標値 T_{egtr} が高くなる改質原料量 F_{el} の多い場合に実施する。すなわち改質原料量 F_{el} が多い場合に、燃焼部 6 での空燃比（A/F）を大きくし、蒸気の過熱を防止する。

【0043】

このような改質原料蒸気の加熱不足および過熱を考慮した空燃比目標値 R_{aftr} は、実験もしくは計算によって求めることができ、その一例を図 3 に示してある。ステップ S3 ではこの図 3 に示す線図（マップ）に基づいてエア流量を計算する。そして、この図 3 に基づく蒸気温度目標値 T_{egtr} の補正をおこなった後の改質原料量 F_{el} と蒸気温度目標値 T_{egtr} との関係は、例えば図 4 に示す線図（マップ）として表すことができる。

20

【0044】

改質原料の蒸気温度 T_{eg} が以上のようにして求めた目標値 T_{egtr} となるように燃焼部 6 を制御する。その場合、酸化触媒 31 や燃料メタノールあるいは未利用水素ガスの供給装置などのバラツキによって改質原料液の供給量 F_{el} と発生した蒸気流量 F_{eg} とが一致しない場合がある。これを修正するために、蒸気温度目標値 T_{egtr} および目標空燃比（A/F）値 R_{aftr} を補正する。図 5 はその補正の概念図である。

30

【0045】

この補正は、蒸気管 28 における改質原料蒸気の流量に関連する物理量に基づいておこなわれる（ステップ S4）。具体的には、改質原料液の供給量 F_{el} と同量の目標蒸気量 F_{egtr} と前記流量センサ 34 で検出された実際の蒸気流量 F_{eg} との差に補正ゲイン $K1$ 、 $K2$ を掛けて蒸気温度目標値の補正量 T_{egtrfb} と目標 A/F 値の補正量 R_{aftrfb} とを求める。

$$T_{egtrfb} = K1 \cdot (F_{egtr} - F_{eg})$$

$$R_{aftrfb} = K1 \cdot (F_{egtr} - F_{eg})$$

【0046】

なお、これらの補正量 T_{egtrfb} 、 R_{aftrfb} には、下限値 $T_{egtrfbmin}$ 、 $R_{aftrfbmin}$ および上限値 $T_{egtrfbmax}$ 、 $R_{aftrfbmax}$ を設定し、

40

$$T_{egtrfbmin} \leq T_{egtrfb} \leq T_{egtrfbmax}$$

$$R_{aftrfbmin} \leq R_{aftrfb} \leq R_{aftrfbmax}$$

これらの値の範囲で補正量を設定する。

【0047】

そしてこれまでに求められている蒸気温度目標値 T_{egtr} および目標 A/F 値 R_{aftr} に、上記の各補正量を加えて新たな目標値 T_{egtr}' および目標 A/F 値 R_{aftr}' を求める。

$$T_{egtr}' = T_{egtr} + T_{egtrfb}$$

$$R_{aftr}' = R_{aftr} + R_{aftrfb}$$

【0048】

上記の例は、改質原料蒸気を直接検出し、その検出値に基づいて補正する例であるが、改

50

質原料蒸気は蒸気管 30 における圧力に基づいて推定することができるので、その推定値に基づいて補正することとしてもよい。例えば蒸気管 30 の上流側の圧力センサ 32 で得られた圧力すなわち蒸発部 7 の出口側の圧力 P_{eg} と下流側の圧力センサ 33 で得られた圧力すなわち改質部 4 の入口側の圧力 P_r との差に基づいて

$$F_{eg} = C \cdot (P_{eg} - P_r)^{1/2}$$

として蒸気流量を求めてもよい。なお、 C は予め定めた係数である。

【0049】

以上のようにして求められた蒸気温度目標値 T_{egtr}' となるように燃焼部 6 での必要な燃焼メタノール量 F_{bm} を求める（ステップ S5）。すなわちメタノールの単位量当たり発熱量が知られているから、発生させるべき蒸気量とその加熱前の温度、比熱、蒸発潜熱、熱交換効率などに基づいて求まる必要熱量を、その単位量当たりの熱量で除算することにより、燃焼メタノール量 F_{bm} を算出することができる。

【0050】

なお、加熱熱量が改質原料蒸気の要求量の変更に伴って変更される場合には、加熱部 3 自体の熱容量に基づいて燃焼メタノール量の補正をおこなう（ステップ S6）。すなわち、上述したように改質原料蒸気量の変更は、蒸気温度目標値の増減を伴うので、加熱部 3 の温度変化が生じ、その際に加熱部 3 の温度変化によって熱量の消費あるいは放出が生じる。これを見込んで燃焼メタノール量 F_{bm} を補正する。具体的には、図 6 に示すように、単位時間に改質原料液量が F_{el1} から F_{el2} に増大される場合、その変更前後での流量 F_{el1} 、 F_{el2} に対応した蒸気温度目標値 T_{egtr1} 、 T_{egtr2} の差に基づいて下記の演算をおこなって補正項 F_{bmff} を求める。

$$F_{bmff} = (T_{egtr2} - T_{egtr1}) \cdot C_e / H_{bm}$$

ここで、 C_e は、加熱部 3 の熱容量、 H_{bm} は燃焼メタノールのモル当たりの反応熱量である。したがって燃焼メタノール量の補正項 F_{bmff} は図 6 に示すように過渡的にステップ的に増大し、それに応じた燃焼メタノールの増量がおこなわれる。そしてその増量分は、加熱部 3 の熱容量に応じたものとなる。

【0051】

前述したように燃料電池 1 での改質ガスの利用率は 100% になることはなく、燃料電池 1 からの排ガス（オフガス）には未利用の水素ガスが含まれているので、これを燃焼部 6 で燃焼させて改質原料を加熱することができる。そこでステップ S7 およびステップ S8 では、燃焼部 6 に供給するオフガス量を求めるとともに、その補正をおこなう。具体的には、燃料電池 1 での水素ガスの利用率が知られているので、オフガス中の水素濃度が知られる。そして、水素を燃焼させた場合の発熱量が知られているので、燃焼部 6 で要求される熱量からオフガス量を算定することができる。また、オフガスの供給から改質原料蒸気の加熱までの時間遅れがあるから、その時間遅れに基づく補正をおこなう。

【0052】

以上のようにして燃料メタノール量およびオフガス量ならびに空気量が求められるので、それぞれの量を燃焼部 6 に供給するように制御する。すなわち前記インジェクタ 9 に燃焼メタノール量を噴射するように指令信号を出力する（ステップ S9）。また、流量調整弁 23 にオフガス量が上記の流量となるように開度指令値を出力する（ステップ S10）。さらにエアポンプ 10 に上記のエア流量となるように指令信号を出力する（ステップ S11）。

【0053】

したがって以上説明した制御を実行することにより、改質原料の量を変更する過渡時での改質原料の加熱および蒸気流量を適正に制御することができる。その結果、改質ガスの品質および量が、燃料電池 1 での要求出力に対応したものとなって燃料電池 1 での改質ガスの利用率が向上する。したがって電気自動車あるいはハイブリッド車の動力源として構成した場合には、燃費の向上を図ることができる。また、その場合、補助的に用いる 2 次バッテリーの電力分担が小さくなるので、そのバッテリーの容量を小さくし、車体重量の低減を図り、それに伴い燃費を向上させることができる。また、上記の制御装置では、空気

量を制御して目標温度を予め設定した上限値と下限値との間に入るように制御するので、加熱部の溶損などの不都合を未然に回避することができると同時に改質触媒の活性を維持して高品質の改質ガスを得ることができる。またこれと併せて、改質率が向上して燃料電池1での電圧降下を抑制できるために、車両の駆動力を制限する必要がなく、走行性を良好にすることができ、さらには補助的に搭載している2次バッテリーの電力負担が少なくなつて燃費が向上する。

【0054】

なお、上述した各検出値やマップなどに基づく演算やデータの処理は、図8に示す電子制御装置35によって実行される。そしてこれらの機能のうち図1に示すステップS1の機能がこの発明における改質原料量判定手段に相当し、またステップS2の機能がこの発明における目標温度設定手段に相当する。さらに、ステップS3の機能がこの発明における空気量制御手段に相当する。また、請求項1における物理量を検出する検出手段については、図8に示す圧力センサ32、33および流量センサ34がこれに相当し、この発明における補正手段には、図1に示すステップS4の機能が相当する。そして図1に示すステップS6の機能がこの発明における加熱熱量補正手段に相当する。

10

【0055】

以上、この発明を具体例に基づいて説明したが、この発明は上記の具体例に限定されないものであって、車両に搭載される改質器以外の改質器や燃料電池に対して改質ガスを供給する改質器以外の改質器を対象とした制御装置に適用することができる。また、この発明で対象とする加熱部の構造は上述した構造に限定されないものであって、酸化触媒を用いずに燃料を直接燃焼させるバーナタイプのものであってもよい。

20

【0056】

【発明の効果】

以上説明したように請求項1の発明によれば、改質原料が増量されると、これを蒸気とする場合、その蒸発潜熱が増大し、それに対応して加熱目標温度が高く設定されるので、蒸発潜熱として奪われる熱量が多くなっても改質原料の加熱温度が低下することが防止され、目標とする温度の改質原料を得ることができる。また、加熱されて実際に流動している改質原料の量に基づいて目標温度もしくは空気供給量が補正される。そのため、加熱部での発熱量のバラツキや熱交換量のバラツキさらにはバルブなどの機能部材の個体差の影響を回避もしくは抑制することができる。

30

【0057】

また、請求項2の発明によれば、改質原料量が少ない場合に空気の供給量が少なくなり、また反対に改質原料量が多い場合は空気供給量が多くなるので、改質原料量が少ないことにより目標温度が低く設定されると、空気量が少ないことにより空気の加熱昇温のための熱量や空気が持ち去る熱量が少なくなり、これとは反対に改質原料量が多いことにより目標温度が高い場合には、空気供給量が多くなってその加熱昇温のための熱量や空気持ち去る熱量が多くなり、その結果、改質原料の加熱不足や過熱が防止される。

【0058】

さらに、請求項3の発明によれば、検出された物理量が加熱された改質原料の流量に相当しており、その結果、加熱されて実際に流動している改質原料の量に基づいて空気供給量を補正することになるので、加熱部での発熱量のバラツキや熱交換量のバラツキさらにはバルブなどの機能部材の個体差の影響を回避もしくは抑制して改質原料を所期どおりに加熱することができる。

40

【0059】

そして請求項4の発明によれば、改質原料量の増大や減少に伴って加熱部で生じさせる熱量を変更する場合、加熱部の昇温に要する熱量や加熱部が有している熱量をも考慮して発熱量が補正され、そのために、改質原料の加熱不足や過熱を有効に防止することができる。

またさらに、請求項5の発明によれば、改質原料の流量が検出され、その検出された流量に基づいて目標温度や空気供給量が補正される。

50

そして、請求項 6 および 7 の発明によれば、燃焼燃料を酸化させるための空気量が改質原料量に応じて制御されるので、改質原料の温度を所定の温度範囲に維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 請求項 1 の発明による制御装置で実行される制御例を説明するためのフローチャートである。

【図 2】 改質原料量と蒸気温度目標値との関係を示すマップの一例である。

【図 3】 改質原料量と空燃比目標値との関係を示すマップの一例である。

【図 4】 供給空気量によって補正された蒸気温度目標値と改質原料量との関係を示すマップの一例である。

10

【図 5】 検出された蒸気流量に基づく蒸気温度目標値と空燃比目標値との補正概念図である。

【図 6】 改質原料量のステップ的な変化の際の加熱用の燃料量の補正值を示す図である。

【図 7】 改質器を燃料電池に接続したシステムの全体的な構成を模式的に示す図である。

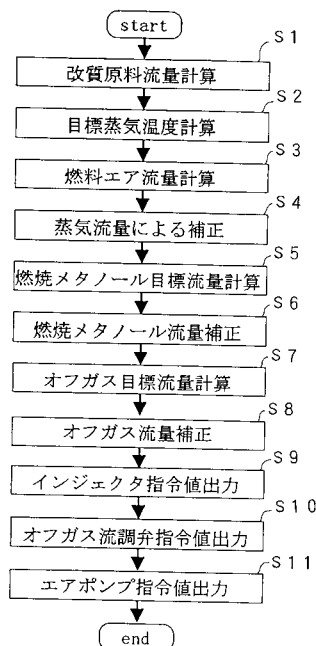
【図 8】 その加熱部の構造および制御系統を模式的に示す図である。

【符号の説明】

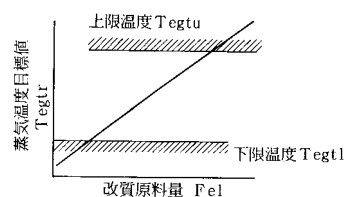
1…燃料電池、 2…改質器、 3…加熱部、 4…改質部、 6…燃焼部、 7…蒸発部、 9…インジェクタ、 10…エアポンプ、 22…リターン管、 23…流量調整弁、 24…燃焼室、 32, 33…圧力センサ、 34…流量センサ。

20

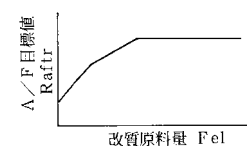
【図 1】



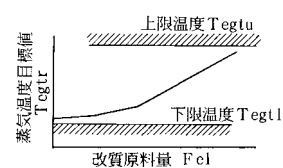
【図 2】



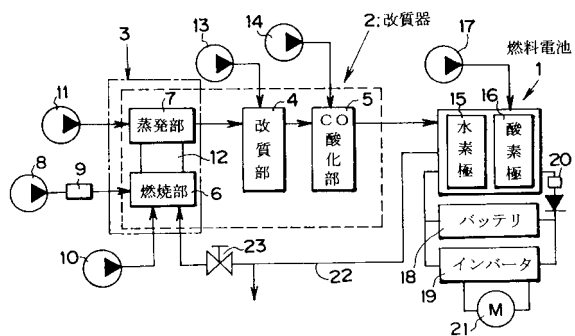
【図 3】



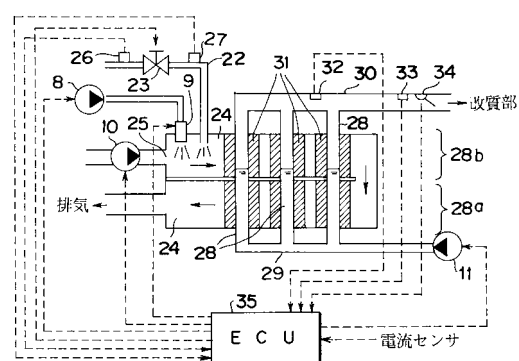
【図 4】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 永宮 清美
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 安齋 美佐子

(56)参考文献 特開昭63-291366 (JP, A)
特開昭63-181270 (JP, A)
特開平09-315801 (JP, A)
特表平06-503201 (JP, A)
特開平08-088015 (JP, A)
特開平03-199102 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C01B 3/32-3/48
H01M 8/06