

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-8403

(P2017-8403A)

(43) 公開日 平成29年1月12日(2017.1.12)

(51) Int.Cl.
C23C 8/22 (2006.01)

F I
C 2 3 C 8/22

テーマコード(参考)
4 K O 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2015-127920 (P2015-127920)
(22) 出願日 平成27年6月25日 (2015. 6. 25)

(71) 出願人 592032636
学校法人トヨタ学園
愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1
(71) 出願人 000221834
東邦瓦斯株式会社
愛知県名古屋市熱田区桜田町19番18号
(74) 代理人 110000648
特許業務法人あいち国際特許事務所
(72) 発明者 奥宮 正洋
愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1 豊田工業大学内
(72) 発明者 桑山 忠弘
愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1 豊田工業大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 浸炭制御方法

(57) 【要約】

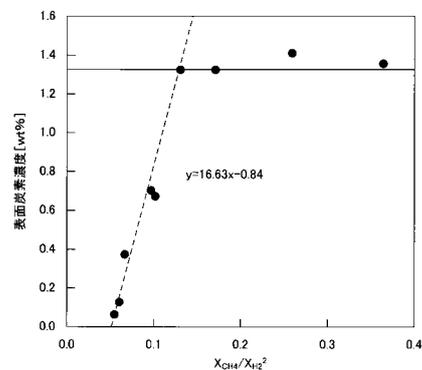
【課題】 浸炭処理時における煤の発生を抑制しつつ、表面炭素濃度を制御可能な浸炭制御方法を提供する。

【解決手段】 浸炭制御方法では、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスをガス浸炭炉内に導入して浸炭処理が行われる。浸炭制御方法は、浸炭処理時におけるガス浸炭炉内の雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 X_{CH_4} とを得る濃度取得工程と、 $X_{CH_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比を算出する算出工程と、

算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも大きい場合に、ガス浸炭炉内に導入される炭化水素ガスの流量を減少させ、算出された炉内成分比が上記設定値よりも小さい場合に、ガス浸炭炉内に導入される炭化水素ガスの流量を増加させるように制御する制御工程とを有している。

【選択図】 図1

(図1)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとをガス浸炭炉内に導入して浸炭処理を行う際の浸炭制御方法であって、

上記浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とを得る濃度取得工程と、

得られた上記水素ガス濃度 X_{H_2} と上記メタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とに基づいて $X_{C_2H_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比を算出する算出工程と、

算出された上記炉内成分比が予め設定された上記炉内成分比の設定値よりも大きい場合に、上記ガス浸炭炉内に導入される上記炭化水素ガスの流量を減少させ、算出された上記炉内成分比が上記炉内成分比の設定値よりも小さい場合に、上記ガス浸炭炉内に導入される上記炭化水素ガスの流量を増加させるように制御する制御工程と、
を有することを特徴とする浸炭制御方法。

10

【請求項 2】

上記濃度取得工程において、上記雰囲気ガス中の水素ガス濃度とメタンガス濃度との両方を測定することにより、上記水素ガス濃度 X_{H_2} と上記メタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とを得ることを特徴する請求項 1 に記載の浸炭制御方法。

【請求項 3】

上記濃度取得工程において、上記雰囲気ガス中の水素ガス濃度またはメタンガス濃度を測定するとともに、該測定された水素ガス濃度またはメタンガス濃度に基づいて上記雰囲気ガス中のメタンガス濃度または水素ガス濃度を算出することにより、上記水素ガス濃度 X_{H_2} と上記メタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とを得ることを特徴する請求項 1 に記載の浸炭制御方法。

20

【請求項 4】

上記炭化水素ガスは、都市ガスまたは天然ガスであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の浸炭制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、浸炭制御方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

従来、鋼部材の表面硬化を目的とする熱処理方法の一つとしてガス浸炭法が知られている。現在、最も多く適用されているガス浸炭法は、ガス変成炉を用いる変成炉式ガス浸炭法である。変成炉式ガス浸炭法は、一般に、ガス変成炉にて原料ガスから浸炭性のガスを発生させ、この浸炭性ガスをガス浸炭炉に導入し、鋼部材表面の浸炭処理を行う方法である。

【0003】

近年、ガス変成炉を用いることなく、炭化水素ガス等の原料ガスをガス浸炭炉に直接導入して浸炭を行う直接ガス浸炭法が注目を集めるようになってきている。この種の直接ガス浸炭法としては、例えば、特許文献 1 に、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとをガス浸炭炉内に導入し、浸炭処理を行うガス浸炭方法が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2013 - 256687 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

50

特許文献 1 に記載されるガス浸炭方法は、浸炭処理時における煤の発生を抑制可能な炉内雰囲気を形成することができる点において有効な方法であるといえる。しかしながら、そのような炉内雰囲気を用いた浸炭処理によって得られる浸炭部材の表面炭素濃度の制御に関しては言及されていない。そのため、表面炭素濃度の連続的な制御を実現するのは難易度が高い。

【0006】

本発明は、上記背景に鑑みてなされたものであり、浸炭処理時における煤の発生を抑制しつつ、表面炭素濃度を制御可能な浸炭制御方法を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様は、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとをガス浸炭炉内に導入して浸炭処理を行う際の浸炭制御方法であって、

上記浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 X_{CH_4} とを得る濃度取得工程と、

得られた上記水素ガス濃度 X_{H_2} と上記メタンガス濃度 X_{CH_4} とに基づいて $X_{CH_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比を算出する算出工程と、

算出された上記炉内成分比が予め設定された上記炉内成分比の設定値よりも大きい場合に、上記ガス浸炭炉内に導入される上記炭化水素ガスの流量を減少させ、算出された上記炉内成分比が上記炉内成分比の設定値よりも小さい場合に、上記ガス浸炭炉内に導入される上記炭化水素ガスの流量を増加させるように制御する制御工程と、

を有することを特徴とする浸炭制御方法にある。

【発明の効果】

【0008】

上記浸炭制御方法では、炉内に導入されるキャリアガスに水分が添加されている。そのため、上記浸炭制御方法によれば、ガス浸炭炉内に水分が積極的に供給され、浸炭処理時における煤の発生を抑制することができる。さらに、上記浸炭制御方法では、浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 X_{CH_4} とを得た後、得られた水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 X_{CH_4} とに基づいて $X_{CH_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比が算出される。そして、算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも大きい場合には、ガス浸炭炉内に導入される炭化水素ガスの流量を減少させ、算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも小さい場合には、ガス浸炭炉内に導入される炭化水素ガスの流量を増加させるように制御が行われる。本発明者らの研究によれば、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとがガス浸炭炉内に導入される浸炭処理において、表面炭素濃度と上記炉内成分比とは正の相間を有していることが判明している。したがって、上記のように炉内成分比に基づいて炭化水素ガスの流量を制御することにより、浸炭処理によって得られる浸炭部材における表面炭素濃度の連続的な制御を実現することが可能となる。

【0009】

よって、本発明によれば、浸炭処理時における煤の発生を抑制しつつ、表面炭素濃度を制御可能な浸炭制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】炉内成分比 $X_{CH_4} / X_{H_2}^2$ と表面炭素濃度との関係を示した図である。

【図 2】実施例 1 の浸炭制御方法の実施に好適な浸炭装置の概略構成を模式的に示した図である。

【図 3】実施例 2 の浸炭制御方法の実施に好適な浸炭装置の概略構成を模式的に示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

上記浸炭制御方法では、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガ

スとがガス浸炭炉内に導入され、浸炭処理が行われる。

【0012】

メタンガスを含む炭化水素ガスとしては、具体的には、例えば、13A等の都市ガス、天然ガスなどを好適に用いることができる。また、都市ガス、天然ガスは、取扱い性に優れるうえ、都市ガスの製造に用いられる天然ガスは比較的埋蔵量が豊富なため、安定供給が可能であるなどの利点もある。

【0013】

上記浸炭制御方法では、浸炭処理時に発生する煤を抑制するために、キャリアガス中に積極的に水分を含有させている(加湿させている)。キャリアガス中の水分は、水蒸気の形でガス中に含まれている。

10

【0014】

キャリアガスは、主に浸炭に寄与する原料ガスとしての炭化水素ガスを搬送する役割を有する。また、浸炭処理時に被処理材の表面に煤が付いて浸炭を阻害するのを防止する役割も有する。キャリアガスとしては、具体的には、例えば、浸炭に寄与しない不活性ガスを好適に用いることができる。不活性ガスとしては、具体的には、例えば、窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガス、ネオンガス、クリプトンガス、キセノンガス、ラドンガスなどを例示することができる。これらは1種または2種以上併用することができる。キャリアガスとしては、窒素ガスを特に好適に用いることができる。この場合には、ガス搬送性、入手容易性、コスト等のバランスに優れるなどの利点がある。

20

【0015】

上記浸炭制御方法は、メタンガスを含む炭化水素ガスおよび水分が添加されたキャリアガスをガス浸炭炉内に導入することができれば、両ガスの導入方法は特に限定されるものではない。両ガスの導入方法としては、例えば、ガス浸炭炉内に、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとの混合ガスを導入ガスとして導入する方法等を例示することができる。また、他にも、ガス浸炭炉内に、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスをそれぞれ別々に導入することも可能である。前者の場合には、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとが予め混合されている。そのため、水分の均一性が高い混合ガスをガス浸炭炉内に導入することができる。それ故、浸炭ムラの抑制に寄与しやすいなどの利点がある。なお、上記ガス浸炭方法において、浸炭処理時における煤の発生を効果的に抑制するための条件、キャリアガスへの水分の添加方法などについては、特開2013-256687号公報を参照することができる。

30

【0016】

ここで、上記浸炭制御方法は、濃度取得工程を有している。濃度取得工程は、浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とを得る工程である。なお、各ガス濃度の単位は、体積%である。

【0017】

濃度取得工程では、具体的には、例えば、雰囲気ガス中の水素ガス濃度とメタンガス濃度との両方を測定することにより、水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とを得ることができる。この場合には、水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ との両方を直接測定するので、高い精度で炉内成分比を算出することができる。そのため、この場合には、炭化水素ガスの流量を高い精度で制御しやすくなる。

40

【0018】

また、濃度取得工程では、具体的には、例えば、雰囲気ガス中の水素ガス濃度またはメタンガス濃度を測定するとともに、測定された水素ガス濃度またはメタンガス濃度に基づいて雰囲気ガス中のメタンガス濃度または水素ガス濃度を算出することにより、水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とを得ることもできる。このような構成をとることができるのは、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとがガス浸炭炉内に導入される浸炭処理において、浸炭処理時におけるガス浸炭炉内の水素ガス濃度とメタンガス濃度との間に正の相関があるためである。この場合には、メタンガス濃度

50

または水素ガス濃度を直接測定する必要がなくなるため、当該浸炭制御方法を実施するための浸炭装置の構成を簡略化することが可能となる。また、これにより装置の低コスト化を図ることも可能となる。なお、各ガス濃度の測定は、ガス浸炭炉内で直接実施することもできるし、ガス浸炭炉内の雰囲気ガスを炉外に採取し、採取された雰囲気ガスを用いて実施することもできる。

【0019】

上記浸炭制御方法は、制御工程を有している。制御工程では、上述したように、算出工程にて算出された炉内成分比と、予め設定された炉内成分比の設定値との大小関係が比較される。炉内成分比の設定値は、具体的には、例えば、予め求めておいた炉内成分比と表面炭素濃度との関係に基づいて、表面炭素濃度が所望の値となる時の炉内成分比の値を用いることができる。

10

【0020】

また、制御工程では、具体的には、例えば、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとを含む総ガスの流量を一定とした状態で、総ガス中に含まれる炭化水素ガスの流量を増減させることができる。他にも、総ガスの流量を増減させることによって総ガス中に含まれる炭化水素ガスの流量を増減させることもできる。

【0021】

上記浸炭制御方法において、予め設定される炉内成分比の設定値は、具体的には、0.05～0.15の範囲内とすることができる。この場合には、表面炭素濃度の制御幅が大きく、表面炭素濃度の連続的な制御を行いやすい利点がある。予め設定される炉内成分比の設定値が0.15よりも大きくなると、表面炭素濃度が飽和し、表面炭素濃度の制御幅が小さくなる傾向が見られる。よって、予め設定される炉内成分比の設定値は、表面炭素濃度の制御幅を大きくしやすいなどの観点から、好ましくは、0.14以下、さらに好ましくは0.135以下、さらにより好ましくは0.13以下とすることができる。

20

【0022】

上記浸炭制御方法は、例えば、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとが導入されるガス浸炭炉と、該ガス浸炭炉に導入される上記炭化水素ガスの流量を調整する第1マスフローコントローラと、浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度を測定するための水素ガス濃度測定手段と、浸炭処理時における雰囲気ガス中のメタンガス濃度を測定するためのメタンガス濃度測定手段と、上記水素ガス濃度測定手段により測定された水素ガス濃度 X_{H_2} と上記メタンガス濃度測定手段により測定されたメタンガス濃度 X_{CH_4} とに基づいて $X_{CH_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比を算出し、算出された該炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも大きい場合に、上記ガス浸炭炉内に導入される上記炭化水素ガスの流量を減少させ、算出された上記炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも小さい場合に、上記ガス浸炭炉内に導入される上記炭化水素ガスの流量を増加させるように上記第1マスフローコントローラを制御する制御部と、を有する第1の浸炭装置を用いて好適に実施することができる。

30

【0023】

また、上記浸炭制御方法は、例えば、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとが導入されるガス浸炭炉と、該ガス浸炭炉に導入される上記炭化水素ガスの流量を調整する第1マスフローコントローラと、浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度を測定するための水素ガス濃度測定手段、または、浸炭処理時における雰囲気ガス中のメタンガス濃度を測定するためのメタンガス濃度測定手段と、上記水素ガス濃度測定手段により測定された水素ガス濃度 X_{H_2} に基づいて上記雰囲気ガス中のメタンガス濃度 X_{CH_4} を算出する、あるいは、上記メタンガス濃度測定手段により測定されたメタンガス濃度 X_{CH_4} に基づいて上記雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} を算出するとともに、上記水素ガス濃度 X_{H_2} と上記メタンガス濃度 X_{CH_4} とに基づいて $X_{CH_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比を算出し、算出された該炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも大きい場合に、上記ガス浸炭炉内に導入される上記炭化水素ガスの流量を減少させ、算出された上記炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも

40

50

小さい場合に、上記ガス浸炭炉内に導入される上記炭化水素ガスの流量を増加させるように上記第1マスフローコントローラを制御する制御部と、を有する第2の浸炭装置を用いて好適に実施することもできる。なお、第2の浸炭装置は、炉内成分比を算出するために、水素ガス濃度測定手段により雰囲気ガス中の水素ガス濃度、あるいは、メタンガス濃度測定手段により雰囲気ガス中のメタンガス濃度を測定するだけで済む。そのため、第2の浸炭装置によれば、メタンガス濃度測定手段、あるいは、水素ガス濃度測定手段が不要となり、浸炭装置の構成を簡略化することが可能となる。また、これにより装置の低コスト化を図ることもできる。

【0024】

上述した各浸炭装置は、具体的には、例えば、各ガス濃度を測定するためにガス浸炭炉内の雰囲気ガスを採取する雰囲気ガス採取手段を有することができる。雰囲気ガス採取手段としては、具体的には、例えば、ガス浸炭炉に接続された吸引ポンプ、ガス採取シリンジ等を例示することができる。また、水素ガス濃度測定手段としては、具体的には、例えば、水素ガスセンサ、ガスクロマトグラフィー等を例示することができる。また、メタンガス濃度測定手段としては、具体的には、例えば、赤外分光装置、ガスクロマトグラフィー等を例示することができる。

10

【0025】

第2の浸炭装置において、水素ガス濃度測定手段により測定された水素ガス濃度 X_{H_2} に基づいて雰囲気ガス中のメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ を算出する場合、具体的には、予め求めておいた水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ との関係に基づいて、測定された水素ガス濃度 X_{H_2} が所望の値となるときメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ の値を用いることができる。同様に、メタンガス濃度測定手段により測定されたメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ に基づいて雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} を算出する場合、具体的には、予め求めておいたメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ と水素ガス濃度 X_{H_2} との関係に基づいて、測定されたメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ が所望の値となるとき水素ガス濃度 X_{H_2} の値を用いることができる。

20

【0026】

なお、上述した各構成は、上述した各作用効果等を得るなどのために必要に応じて任意に組み合わせることができる。

【実施例】

30

【0027】

以下、実施例の浸炭制御方法について、図面を用いて説明する。なお、同一部材については同一の符号を用いて説明する。

【0028】

(実施例1)

実施例1の浸炭制御方法について、図1、図2を用いて説明する。

【0029】

本例の浸炭制御方法は、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとをガス浸炭炉内に導入して浸炭処理を行う際の浸炭制御方法である。本例では、メタンガスを含む炭化水素ガスとして、13Aの都市ガスが用いられる。また、キャリアガスとして、窒素ガスが用いられる。

40

【0030】

本例の浸炭制御方法は、濃度取得工程と、算出工程と、制御工程とを有している。濃度取得工程は、浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とを得る工程である。本例では、雰囲気ガスを採取し、採取された雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とを直接測定することにより、水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とを得る。

【0031】

算出工程は、得られた水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とに基づいて $X_{C_2H_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比を算出する工程である。

50

【0032】

制御工程は、算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも大きい場合に、ガス浸炭炉内に導入される炭化水素ガスの流量を減少させ、算出された炉内成分比が炉内成分比の設定値よりも小さい場合に、ガス浸炭炉内に導入される炭化水素ガスの流量を増加させるように制御する工程である。

【0033】

図1に、炉内成分比 $X_{C H_4} / X_{H_2}^2$ と表面炭素濃度との関係を示す。図1は、具体的には、ガス浸炭炉に都市ガスと水分が添加された窒素ガスとを供給し、肌焼き用クロム鋼 (S C r 4 2 0) を浸炭処理した際における、浸炭処理時の炉内成分比 $X_{C H_4} / X_{H_2}^2$ と、浸炭処理された試料の表面炭素濃度との関係を示したものである。

10

【0034】

なお、図1を求めた際の詳細な条件は、以下の通りである。また、本実験では、煤の発生が抑制されていた。

- ・ガス浸炭炉... 共栄理化製作所製、マッフル付箱形シリコニット電気炉

- ・肌焼き用クロム鋼 (S C r 4 2 0)

形状は、直径16mm、厚さ10mmの円筒状である。鋼の化学組成は、質量%で、C : 0.21%、Si : 0.21%、Mn : 0.71%、P : 0.027%、S : 0.013%、Cu : 0.01%、Ni : 0.02%、Cr : 1.04%、残部 : Feおよび不可避免的不純物である。

- ・導入ガス

20

都市ガスの流量と窒素ガスの流量とを合計した総ガス流量は3.0L/分である。窒素ガスへの水分の添加は、乾燥した窒素ガスと加湿された窒素ガスとを混合することにより行われる。導入ガスにおける都市ガス : 加湿された窒素ガス = 20体積% : 80体積%である。水分の添加量は、12.6mg/m³である。

- ・浸炭処理

浸炭処理前に、加湿されていない窒素ガスにより炉内雰囲気置換する。次いで、常温から処理温度の930℃まで昇温する。次いで、処理温度の930℃で10分間均熱化する。次いで、常圧下にて所定の導入ガスを炉内に導入し、120分の処理時間にて、肌焼き用クロム鋼を高炭素濃度下に曝す。次いで、窒素雰囲気下で空冷することにより降温する。

30

- ・水素ガス濃度およびメタンガス濃度の測定

水素ガス濃度の測定には、水素ガスセンサ (富士電機社製、「Z A F 4 B P I 2 - 2」) を用いた。また、メタンガス濃度の測定には、赤外分光装置 (富士電機社製、「Z R J - 4」) を用いた。

- ・表面炭素濃度の測定

表面炭素濃度の測定には、電子プローブマイクロアナライザ (日本電子社製、「J X A - 8 2 3 0」) を用いた。

【0035】

図1によれば、炉内成分比が大きくなるにつれ、表面炭素濃度も大きくなり、ある炉内成分比の値以降は、表面炭素濃度がほぼ一定の値に飽和することが分かる。本例では、この図1の結果から、予め設定される炉内成分比の設定値は、炉内成分比と表面炭素濃度との間に一次相関が見られる0.05~0.15の範囲内とされている。

40

【0036】

次に、本例の浸炭制御方法の作用効果について説明する。

【0037】

本例の浸炭制御方法では、炉内に導入されるキャリアガスに水分が添加されている。そのため、本例の浸炭制御方法によれば、ガス浸炭炉内に水分が積極的に供給され、浸炭処理時における煤の発生を抑制することができる。さらに、本例の浸炭制御方法では、浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C H_4}$ とを得た後、得られた水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C H_4}$ とに基づいて $X_{C H_4} / X_{H_2}$

50

²で規定される炉内成分比が算出される。そして、算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも大きい場合には、ガス浸炭炉内に導入される炭化水素ガスの流量を減少させ、算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも小さい場合には、ガス浸炭炉内に導入される炭化水素ガスの流量を増加させるように制御が行われる。上述したように、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとがガス浸炭炉内に導入される浸炭処理において、表面炭素濃度と炉内成分比とは正の相間を有している。したがって、上記のように炉内成分比に基づいて炭化水素ガスの流量を制御することにより、浸炭処理によって得られる浸炭部材における表面炭素濃度の連続的な制御を実現することが可能となる。

【0038】

さらに、本例の浸炭制御方法は、水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 X_{CH_4} との両方を直接測定するので、高い精度で炉内成分比を算出することができる。そのため、本例の浸炭制御方法は、炭化水素ガスの流量を高い精度で制御しやすい。

【0039】

次に、本例の浸炭制御方法の実施に好適な浸炭装置について説明する。

【0040】

図2に示されるように、浸炭装置1は、ガス浸炭炉10と、第1マスフローコントローラ11と、水素ガス濃度測定手段12と、メタンガス濃度測定手段13と、制御部14とを有している。

【0041】

ガス浸炭炉10には、メタンガスを含む炭化水素ガスと水分が添加されたキャリアガスとが導入される。第1マスフローコントローラ11は、ガス浸炭炉10に導入される炭化水素ガスの流量を調整する。水素ガス濃度測定手段12は、浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度を測定するためのものである。メタンガス濃度測定手段13は、浸炭処理時における雰囲気ガス中のメタンガス濃度を測定するためのものである。制御部14は、水素ガス濃度測定手段12により測定された水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度測定手段13により測定されたメタンガス濃度 X_{CH_4} とに基づいて $X_{CH_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比を算出する。そして、制御部14は、算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも大きい場合に、ガス浸炭炉10内に導入される炭化水素ガスの流量を減少させ、算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも小さい場合に、ガス浸炭炉10内に導入される炭化水素ガスの流量を増加させるように第1マスフローコントローラ11を制御する。以下、詳説する。

【0042】

本例では、ガス浸炭炉10に、炭化水素ガスとキャリアガスとを炉内に導入するためのガス導入配管15が接続されている。ガス導入配管15の上流側には、炭化水素ガスを供給するための原料ガス用配管16と、キャリアガスを供給するためのキャリアガス用配管17とが接続されている。原料ガス用配管16における上流側の端部は、炭化水素ガスが入ったポンベ160に接続されている。原料ガス用配管16は、その途中に第1マスフローコントローラ11を有している。第1マスフローコントローラ11は、ポンベ160より供給される炭化水素ガスの流量を制御部14の指示に従って調整する。

【0043】

一方、キャリアガス用配管17における上流側の端部は、キャリアガスが入ったポンベ170に接続されている。キャリアガス用配管17は、具体的には、第1配管171、第2配管172、第3配管173、および、第4配管174を有している。第1配管171における上流側の端部は、キャリアガスが入ったポンベ170に接続されている。第1配管171における下流側の端部は、恒温槽18に接続されている。恒温槽18は、乾燥したキャリアガスを水中に通してバブリングすることにより、加湿されたキャリアガスを生成可能に構成されている。

【0044】

恒温槽18は、具体的には、第1槽181、第2槽182、および、第3槽183を順

10

20

30

40

50

に有している。第1槽181および第2槽182には、蒸留水が貯留されており、第3槽183には、蒸留水が貯留されていない。第1配管171における下流側の端部は、第1槽181の水中内に配置されている。第1槽181と第2槽182とは、第1連結管191により連結されている。第1連結管191の第1槽181側の端部は、第1槽181の水面上の空間に配置されている。第1連結管191の第2槽182側の端部は、第2槽182の水中内に配置されている。第2槽182と第3槽183とは、第2連結管192により連結されている。第2連結管192の第2槽182側の端部は、第2槽182の水面上の空間に配置されている。第2連結管192の第3槽183側の端部は、第3槽183の空間内に配置されている。

【0045】

第2配管172における上流側の端部は、キャリアガスが入ったポンベ170に接続されている。第2配管172における下流側の端部は、恒温槽18における第3槽183の空間内に配置されている。第3配管173における上流側の端部は、恒温槽18における第3槽183の空間内に配置されている。第4配管174における上流側の端部は、キャリアガスが入ったポンベ170に接続されている。第4配管174における下流側の端部は、第3配管173における下流側の端部に接続されている。

【0046】

浸炭装置1では、恒温槽18の温度に対応する水分（水蒸気）を含むように加湿されたキャリアガスと乾燥したキャリアガスとが、恒温槽18における第3槽183にて混合される。本例では、これによって水分が添加されたキャリアガスが生成する。そして、原料ガス用配管16から流出する炭化水素ガスとキャリアガス用配管17から流出する水分が添加されたキャリアガスとがガス導入配管15の上流側にて合流し、混合されることにより、水分が添加された混合ガスが生成する。本例の浸炭装置1では、導入ガスとしての上記混合ガスが、ガス導入配管15よりガス浸炭炉10内に直接導入される。なお、本例では、乾燥したキャリアガスだけを第4配管174を介してガス導入配管15に供給することも可能とされている。

【0047】

第1配管171は、その途中に第2マスフローコントローラ21を有している。また、第2配管172、第4配管174は、その途中に共通の第3マスフローコントローラ31を有している。各マスフローコントローラ21、31は、ポンベ170より供給されるキャリアガスの流量を制御部14の指示に従って調整する。

【0048】

ガス浸炭炉10には、炉内のガスを排気するためのガス排気管101が接続されている。つまり、ガス浸炭炉10は、ガス排気管101を介して炉内と外部とが連通しており、大気開放されている。また、ガス浸炭炉10内には、浸炭処理に供される鋼製の被処理材102を載置する支持台103が設けられている。

【0049】

浸炭装置1は、さらに、浸炭処理時におけるガス浸炭炉内の雰囲気ガスを採取する雰囲気ガス採取手段4を有している。そして、水素ガス濃度測定手段12により、雰囲気ガス採取手段4によって採取された雰囲気ガス中の水素ガス濃度が測定される。また、メタンガス濃度測定手段13により、雰囲気ガス採取手段4によって採取された雰囲気ガス中のメタンガス濃度が測定される。なお、本例では、雰囲気ガス採取手段4は、ガス浸炭炉10内の雰囲気ガスを吸引により採取する吸引ポンプである。また、水素ガス濃度測定手段12は、水素ガスセンサであり、メタンガス濃度測定手段13は、赤外分光装置である。また、ガス浸炭炉10には、炉内の酸素濃度を測定するための酸素センサ104も設けられている。

【0050】

測定された水素ガス濃度 X_{H_2} の情報とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ の情報は、入力側通信線141を介して制御部14に入力される。制御部14は、入力された水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 $X_{C_2H_4}$ とに基づいて $X_{C_2H_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比を

10

20

30

40

50

演算する。そして、制御部 14 は、演算により算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも大きい場合に、出力側通信回線 142 を介して、炭化水素ガスの流量を減少させるように第 1 マスフローコントローラ 11 に指示を出す。一方、制御部 14 は、算出された炉内成分比が予め設定された炉内成分比の設定値よりも小さい場合に、出力側通信回線 142 を介して、炭化水素ガスの流量を増加させるように第 1 マスフローコントローラ 11 に指示を出す。

【0051】

なお、制御部 14 には、図示しない通信回線を介して、第 2 マスフローコントローラ 21 および第 3 マスフローコントローラ 31 が接続されており、キャリアガスの流量を増減させる指示を出すことが可能に構成されている。

10

【0052】

浸炭装置 1 は、上記構成を有することにより、上述したガス浸炭方法を実施することができる。

【0053】

(実施例 2)

実施例 2 の浸炭制御方法について、図 3 を用いて説明する。

本例の浸炭制御方法は、実施例 1 の浸炭制御方法と同様に、濃度取得工程と、算出工程と、制御工程とを有している。

【0054】

但し、本例の浸炭制御方法における濃度取得工程は、雰囲気ガス中の水素ガス濃度を測定するとともに、測定された水素ガス濃度に基づいて雰囲気ガス中のメタンガス濃度を算出することにより、水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 X_{CH_4} とを得る工程とされている。その他の工程は、実施例 1 の浸炭制御方法と同様である。

20

【0055】

本例の浸炭制御方法によれば、メタンガス濃度を直接測定する必要がなくなるため、当該浸炭制御方法を実施するための浸炭装置の構成を簡略化することが可能となる。また、装置の低コスト化を図ることも可能となる。

【0056】

次に、本例の浸炭制御方法の実施に好適な浸炭装置について説明する。浸炭装置 1 は、図 3 に示されるように、浸炭処理時における雰囲気ガス中の水素ガス濃度を測定するための水素ガス濃度測定手段 12 を有している。しかしながら、浸炭処理時における雰囲気ガス中のメタンガス濃度を測定するためのメタンガス濃度測定手段 13 は有していない。また、浸炭装置 1 は、制御部 14 が、水素ガス濃度測定手段 12 により測定された水素ガス濃度 X_{H_2} に基づいて雰囲気ガス中のメタンガス濃度 X_{CH_4} を算出するとともに、水素ガス濃度 X_{H_2} とメタンガス濃度 X_{CH_4} とに基づいて $X_{CH_4} / X_{H_2}^2$ で規定される炉内成分比を算出する。その他の構成は、実施例 1 で説明した浸炭装置 1 と同様である。

30

【0057】

浸炭装置 1 は、炉内成分比を算出するために、水素ガス濃度測定手段 12 により雰囲気ガス中の水素ガス濃度を測定するだけで済む。そのため、メタンガス濃度測定手段 13 が不要となり、浸炭装置 1 の構成を簡略化することが可能となる。また、これにより浸炭装置 1 の低コスト化を図ることも可能となる。その他の作用効果は、実施例 1 で説明した浸炭装置 1 と同様である。

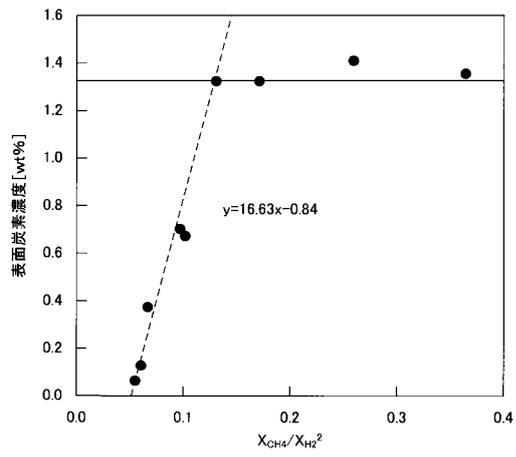
40

【0058】

以上、本発明の実施例について詳細に説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨を損なわない範囲内で種々の変更が可能である。

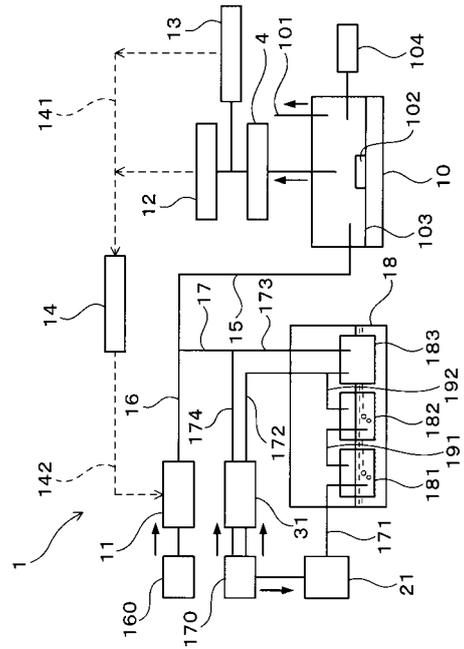
【 図 1 】

(図 1)



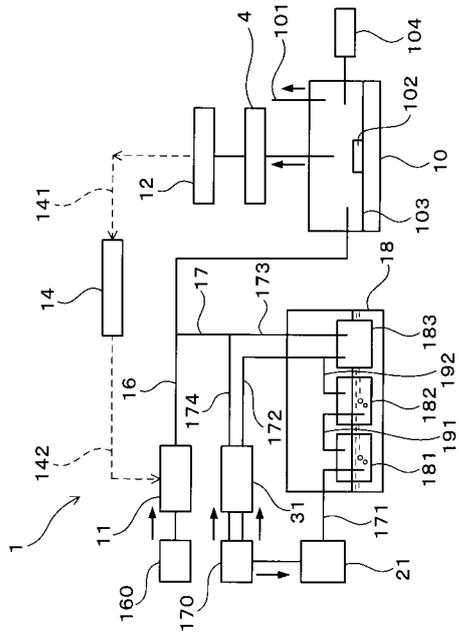
【 図 2 】

(図 2)



【 図 3 】

(図 3)



フロントページの続き

(72)発明者 清水 誠也

愛知県名古屋市熱田区桜田町19番18号 東邦瓦斯株式会社内

(72)発明者 三浦 新平

愛知県名古屋市熱田区桜田町19番18号 東邦瓦斯株式会社内

Fターム(参考) 4K028 AA01 AB01 AC07 AC08