(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5581877号
(P5581877)
(45)発行日　平成26年9月3日(2014.9.3)　(24)登録日　平成26年7月25日(2014.7.25)

(51)Int.Cl.　　F I
C21C 5/52 (2006.01)　　C21C 5/52
F27D 17/00 (2006.01)　　F27D 17/00　104G

請求項の数 16　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2010-171939(P2010-171939)
(22)出願日　平成22年7月30日(2010.7.30)
(65)公開番号　特開2012-31470(P2012-31470A)
(43)公開日　平成24年2月16日(2012.2.16)
審査請求日　平成25年4月19日(2013.4.19)

(73)特許権者　000001258
ＪＦＥスチール株式会社
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
(74)代理人　100080687
弁理士　小川　順三
(74)代理人　100077126
弁理士　中村　盛夫
(74)代理人　100107227
弁理士　藤谷　史朗
(72)発明者　小澤　純仁
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社　内
(72)発明者　高木　克彦
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社　内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】アーク炉発生排ガスの改質方法、改質装置および改質ガスの製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
アーク炉から排出される炭酸ガス含有排ガスを、排ガス処理部の燃焼塔に導いて燃焼させ、その燃焼塔から排出される高温の燃焼排ガスに還元剤を添加することにより、その燃焼排ガス中に含まれる炭酸ガスと還元剤とによる改質反応を導いて、該燃焼排ガスの改質を図るとともに、前記改質反応を、燃焼排ガス温度が８００℃以上のときに完了させることを特徴とするアーク炉発生排ガスの改質方法。
【請求項２】
アーク炉と燃焼塔との間で空気を吹き込むことを特徴とする請求項１に記載のアーク炉発生排ガスの改質方法。
【請求項３】
前記還元剤の添加は、燃焼塔から排出される該燃焼排ガス中の二酸化炭素の濃度が１０容積％以上、一酸化炭素の濃度が１０容積％以下の時に行うことを特徴とする請求項１または２に記載のアーク炉発生排ガスの改質方法。
【請求項４】
前記アーク炉は、炉内に炭材と酸素を吹き込んで燃焼させる形式の電気炉であることを特徴とする請求項１～３のいずれか１に記載のアーク炉発生排ガスの改質方法。
【請求項５】
前記還元剤は、天然ガス、液化石油ガス、メタン、エタン、軽質ナフサ、ラフィネート、メタノール、エタノール、ジメチルエーテルおよびジエチルエーテルのうちから選ばれ

る１種以上の化石資源系化合物を用いることを特徴とする請求項１～４のいずれかに記載のアーク炉発生排ガスの改質方法。

【請求項６】

前記還元剤は、非化石資源系有機化合物を用いることを特徴とする請求項１～５のいずれかに記載のアーク炉発生排ガスの改質方法。

【請求項７】

アーク炉から排出される炭酸ガス含有排ガスを排ガス回収設備に導いて還元剤を添加することにより、その排ガス中に含まれる炭酸ガスと還元剤とによる改質反応を導いて該排ガスの改質を行う装置であって、

アーク炉発生排ガス回収設備を、排ガス処理部、ダスト回収部、排ガス回収・排出部および演算制御部にて構成し、排ガス処理部には、アーク炉発生排ガスを燃焼させて昇温する燃焼塔、その燃焼塔の下流側に配設される還元剤吹込み装置、温度計測装置、濃度計測装置および改質反応によって増熱された排ガスの温度を降下させる冷却塔を配設し、演算制御部には、温度計測装置からの出力および濃度計測装置の出力によって作動して還元剤の添加量を制御する流量制御装置を配設してなり、前記改質反応を、燃焼排ガス温度が８００℃以上のときに完了させることを特徴とするアーク炉発生排ガスの改質装置。

【請求項８】

前記ダスト回収部は、集塵ダクトに沿ってガス流量計、ブロワーおよび集塵機を配設してなることを特徴とする請求項７に記載のアーク炉発生排ガスの改質装置。

【請求項９】

前記排ガス回収・排出部は、濃度計測装置によるＣＯガス、CO_2ガス濃度の出力に応じて作動し、フレアもしくはガスホルダーへの流路を選択するガス流路切換弁を配設してなることを特徴とする請求項７または８に記載のアーク炉発生排ガスの改質装置。

【請求項１０】

前記濃度計測装置は、排ガス回収設備中の燃焼塔の下流側に配設されたガス分析計であることを特徴とする請求項７に記載のアーク炉発生排ガスの改質装置。

【請求項１１】

前記温度計測装置は、排ガス回収設備中の燃焼塔の下流側に配設された温度計であることを特徴とする請求項７に記載のアーク炉発生排ガスの改質装置。

【請求項１２】

前記還元剤吹込み装置は、排ガス回収設備中の燃焼塔の下流側に、１～複数個所に設置されることを特徴とする請求項７に記載のアーク炉発生排ガスの改質装置。

【請求項１３】

アーク炉から排出される炭酸ガス含有排ガスから、この排ガスに還元剤を添加して、この排ガス中に含まれる炭酸ガスと還元剤とを反応させることにより改質ガスを製造する方法において、

前記炭酸ガス含有排ガスは、還元剤の添加に先立ち予め燃焼塔に導いて燃焼させ、

前記排ガス中への還元剤の添加を、この排ガス中の酸素濃度が１容積％以下のときに行い、改質のための前記反応を、排ガス温度が８００℃以上のときに完了させるようにすることを特徴とするアーク炉発生排ガスからの改質ガスの製造方法。

【請求項１４】

前記アーク炉は、炉内に炭材と酸素を吹き込んで燃焼させる形式の電気炉であることを特徴とする請求項１３に記載のアーク炉発生排ガスからの改質ガスの製造方法。

【請求項１５】

前記還元剤は、天然ガス、液化石油ガス、メタン、エタン、軽質ナフサ、ラフィネート、メタノール、エタノール、ジメチルエーテルおよびジエチルエーテルのうちから選ばれる１種以上の化石資源系化合物を用いることを特徴とする請求項１３または１４に記載のアーク炉発生排ガスからの改質ガスの製造方法。

【請求項１６】

前記還元剤は、非化石資源系有機化合物を用いることを特徴とする請求項１３～１５の

いずれか１に記載のアーク炉発生排ガスからの改質ガスの製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、アーク炉発生排ガスの改質方法、改質装置および改質ガスの製造方法に関し、特に、アーク炉発生排ガス中に含まれる炭酸ガスと外部供給還元剤との間で行われる改質反応によって、該排ガスの熱エネルギーを増大させて改質すると共に炭酸ガス排出量を削減するのに有効な技術を提案する。
【背景技術】
【０００２】
近年、地球環境を保護し地球温暖化を防ぐために、炭酸ガスの排出削減が急務の課題となっている。特に、製鉄所において、炭酸ガスの排出削減は、企業の存続にも関わるような最重要の課題となっている。従来、そのための各種の提案がなされてきたが、本格的な炭酸ガス削減技術は、未だ完成していないのが実情である。
【０００３】
一般に、製鉄所におけるアーク炉、例えば、製鋼用アーク炉は、生産性の向上と電力使用量の削減を目的として、酸素ガスの吹込みや酸素ガスとともに炭材を添加する操業が行われている。その際、アーク炉からは炭酸ガスを含む高温の排ガスが発生する。また、こうした高温の排ガスの顕熱を利用するという観点からは、これをボイラーに供給して低圧のスチームを発生させることで、廃熱の回収を行うことが一般的である。しかしながら、製鉄所での低圧スチームの利用価値は低く、そのため、こうした排ガスは通常、有効利用されることなく大気中に放散されているのが実情である。
【０００４】
ところで、メタンなどの各種炭化水素やメタノール、ジメチルエーテルなどの含酸素化合物等は、炭酸ガスや水蒸気と反応して一酸化炭素や水素に改質されることが知られている。この反応を利用した廃熱回収技術として、特許文献１には、転炉等の精錬設備から発生する、二酸化炭素および／または水蒸気を含む高温の排ガス中に、炭化水素を含む気体および／または液体を供給して下記（１）式の改質反応を起こさせ、該排ガス中の一酸化炭素と水素を増加させることにより、排ガスの潜熱を増大させる「増熱」を図る技術が開示されている。

$$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2 \qquad (1)$$

【０００５】
また、特許文献２には、転炉から発生する排ガスに、ガスの温度が１３００℃以上のところで、メタンおよび水蒸気を添加して、下記（２）式の水性ガス反応を行なわせ、排出ガス中の一酸化炭素と水素の増量を図る方法およびその装置が開示されている。
【０００６】

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 \qquad (2)$$

【０００７】
ただし、この文献２に開示の方法では、水蒸気の添加によって起こる反応は、ＣＯとH_2だけであり、二酸化炭素が絡む改質反応は起らないため、CO_2の削減に何ら寄与しないという問題がある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００８】
【特許文献１】特開２０００－２１２６１５号公報
【特許文献２】特開平２－１１７１５号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００９】
上述したところから判るように、従来は、転炉排ガスの改質、回収が主流であって、ア

ーク炉から発生する排出ガスについて、このガスのもつ顕熱を利用して該排ガスの潜熱分を増大（上記（１）式の吸熱分を反応生成物の燃焼熱の形で蓄積する）させる、所謂、増熱を図る技術については知られておらず、少なくともこの分野に限ってはエネルギーを無駄にしているのが実情である。

【００１０】

ところで、転炉などから発生する排出ガスと、アーク炉から発生する排ガスの成分は大きく異なっており、それ故に上述した従来改質技術を、アーク炉の排ガス改質処理技術に直ちに適用することはできない。例えば、転炉排ガスには多くの一酸化炭素が含まれているが、アーク炉から排出される排ガスの場合、その多くが窒素であり、一酸化炭素は１０容積％程度以下にしかすぎない。

【００１１】

しかも、転炉や溶融還元炉などから発生する、炭酸ガス含有排出ガスの顕熱を利用する従来技術では、炭酸ガス反応効率の低下を招いたり、排ガス処理系管路内にSiO_2やAl_2O_3等の非燃焼成分の堆積を招いたり、炭酸ガスが反応に関与しないため、排ガスの増熱および炭酸ガスの排出削減に効果がないという課題があった。

【００１２】

そこで、本発明の目的は、アーク炉発生排ガスの増熱と共に炭酸ガスの排出削減とを同時に実現することができる、アーク炉発生排ガスの改質方法、改質装置およびそうしたアーク炉発生排ガスからそれの改質ガスを効率的に製造する方法を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

従来技術が抱えている上述した課題を克服し、アーク炉発生排ガスの増熱と、炭酸ガスの排出量削減と、改質ガスの製造を効率よく行うために、本発明は、第１に、アーク炉から排出される炭酸ガス含有排ガスを、排ガス処理部の燃焼塔に導いて燃焼させ、その燃焼塔から排出される高温の燃焼排ガスに還元剤を添加することにより、その燃焼排ガス中に含まれる炭酸ガスと還元剤とによる改質反応を導いて、該燃焼排ガスの改質を図るとともに、前記改質反応を、燃焼排ガス温度が８００℃以上のときに完了させることを特徴とするアーク炉発生排ガスの改質方法を提案する。

【００１４】

なお、本発明の前記改質方法において、

（１）アーク炉と燃焼塔との間で空気を吹き込むこと、

（２）前記還元剤の添加は、燃焼塔から排出される該燃焼排ガス中の二酸化炭素の濃度が１０容積％以上、一酸化炭素の濃度が１０容積％以下の時に行うこと、

（３）前記アーク炉は、炉内に炭材と酸素を吹き込んで燃焼させる形式の電気炉であること、

（４）前記還元剤は、天然ガス、液化石油ガス、メタン、エタン、軽質ナフサ、ラフィネート、メタノール、エタノール、ジメチルエーテルおよびジエチルエーテルのうちから選ばれる１種以上の化石資源系化合物を用いること、

（５）前記還元剤は、非化石資源系有機化合物を用いること、

がより好ましい解決手段である。

【００１５】

本発明では第２に、アーク炉から排出される炭酸ガス含有排ガスを排ガス回収設備に導いて還元剤を添加することにより、その排ガス中に含まれる炭酸ガスと還元剤とによる改質反応を導いて該排ガスの改質を行う装置であって、

アーク炉発生排ガス回収設備を、排ガス処理部、ダスト回収部、排ガス回収・排出部および演算制御部にて構成し、排ガス処理部には、アーク炉発生排ガスを燃焼させて昇温する燃焼塔、その燃焼塔の下流側に配設される還元剤吹込み装置、温度計測装置、濃度計測装置および改質反応によって増熱された排ガスの温度を降下させる冷却塔を配設し、演算制御部には、温度計測装置からの出力および濃度計測装置の出力によって作動する還元剤の添加量を制御する流量制御装置を配設してなり、前記改質反応を、燃焼排ガス温度が８

００℃以上のときに完了させることを特徴とするアーク炉発生排ガスの改質装置を提供する。

【００１６】

なお、本発明の上記改質装置において、

（１）前記ダスト回収部は、集塵ダクトに沿ってガス流量計、ブロワーおよび集塵機が配設されたものであること、

（２）前記排ガス回収・排出部は、濃度計測装置によるＣＯガス、CO_2ガス濃度の出力に応じて作動し、フレアもしくはガスホルダーへの流路を選択するガス流路切換弁が配設されたものであること、

（３）前記濃度計測装置は、排ガス回収設備中の燃焼塔の下流側に配設されたガス分析計であること、

（４）前記温度計測装置は、排ガス回収設備中の燃焼塔の下流側に配設された温度計であること、

（５）　前記還元剤吹込み装置は、排ガス回収設備中の燃焼塔の下流側に、１～複数個所に設置されること、

がより好適な解決手段を提供する。

【００１７】

本発明では第３に、アーク炉から排出される炭酸ガス含有排ガスから、この排ガスに還元剤を添加して、この排ガス中に含まれる炭酸ガスと還元剤とを反応させることにより改質ガスを製造する方法において、

前記炭酸ガス含有排ガスは、還元剤の添加に先立ち予め燃焼塔に導いて燃焼させ、

前記排ガス中への還元剤の添加を、この排ガス中の酸素濃度が１容積％以下のときに行い、改質のための前記反応を、排ガス温度が８００℃以上のときに完了させるようにすることを特徴とするアーク炉発生排ガスからの改質ガスの製造方法を提案する。

【００１８】

なお、本発明の上記製造方法において、

（１）前記アーク炉は、炉内に炭材と酸素を吹き込んで燃焼させる形式の電気炉であること、

（２）前記還元剤は、天然ガス、液化石油ガス、メタン、エタン、軽質ナフサ、ラフィネート、メタノール、エタノール、ジメチルエーテルおよびジエチルエーテルのうちから選ばれる１種以上の化石資源系化合物を用いること、

（３）前記還元剤は、非化石資源系有機化合物を用いること、

がより好ましい解決手段となる。

【発明の効果】

【００１９】

（１）本発明によれば、アーク炉から排出される排ガスの増熱を図ることができ、とくに、排ガスをまず燃焼させてから還元剤を添加するとともに、燃焼排ガス温度が８００℃以上のときに炭酸ガス改質反応を完了させるようにしたので、改質反応が効率よく進行し、しかも、SiO_2などの非燃焼成分の析出、堆積を招くことがない。従って、アーク炉発生排ガスの増熱と炭酸ガスの排出削減とを同時に達成することができる。

（２）また、本発明によれば、燃焼塔の設置ならびに冷却塔の設置によって、炭酸ガス改質反応効率の向上に併せ、ダイオキシンのような有害物質の発生を抑制することができる。

（３）また、本発明によれば、被処理排ガスの温度、成分の制御が容易となる燃焼塔の下流側で、還元剤の添加を行うので、還元剤の添加量、添加時期、改質反応時期の制御が容易になり、安定したアーク炉発生排ガスの改質操業を行うことができる。

（４）また、本発明によれば、アーク炉発生排ガスから増熱（高い熱エネルギーを有する）された改質ガスを、炭酸ガス発生量の増大を招くことなく、効率よく経済的に製造することができる。

（５）また、本発明によれば、改質反応のために、燃料や化学原料として、現在あるいは

将来、安価に大量に生産される物質を還元剤として用いる方法であるから経済的である。
（６）さらに、本発明によれば、改質反応のために、還元剤としてバイオエタノール、バイオディーゼルなどの非化石資源系有機化合物を用いることができ、炭酸ガス排出削減に対し、大きな貢献ができる。

【図面の簡単な説明】

【００２０】

【図１】本発明を説明するアーク炉発生排ガスの改質処理フローの略線図である。

【図２】アーク炉と排気系の概略を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２１】

本発明は基本的に、アーク炉発生排ガス中に含まれる炭酸ガスを利用した改質反応によって、アーク炉発生排ガスの効率的な増熱と炭酸ガス排出量の削減とを同時に実現するための、アーク炉発生排ガスの改質技術に関するものである。

【００２２】

即ち、アーク炉、例えば、各種の炭材と共に、酸素を吹込む形式の製鋼用電気炉の炉蓋頂部から発生する排ガスは、１０容積％以上のCO_2と、１０容積％以下のＣＯと、５０～７５容積％程度の窒素と、そして、１０容積％以下の酸素とを含有しており、温度は６００℃程度である。本発明ではまず、そのアーク炉から発生する排ガス（以下、これを「オフガス」という）を、後述する燃焼塔に導いて燃焼させ、約８００℃以上、好ましくは９００℃以上の高温のオフガスに昇温する。なお、本発明において、燃焼塔においてオフガスの昇温を図る理由は、上記（１）式の改質反応を促進させること、およびオフガス中のダイオキシン類等の有害物質を低減させるのに有効だからである。

【００２３】

前記オフガスの改質に当って、本発明では、アーク炉に付帯して配設されている排ガス処理部、ダスト回収部、排ガス回収・排出部および演算制御部からなる排ガス回収設備を利用し、以下で詳述するような所定の処理を施して、増熱された改質ガスを製造する。

【００２４】

即ち、アーク炉から発生したオフガスはまず、排ガス処理部の燃焼塔において昇温され、次いで、還元剤（天然ガス等）が添加される。このとき、該オフガス中の炭酸ガスと還元剤とは、上記（１）式で示す改質反応を起こす。本発明では、還元剤の添加開始を、オフガス中の二酸化炭素の濃度が１０容積％以上、一酸化炭素の濃度が１０容積％以下の時とするが、この条件は、排ガス処理部中に配設されている２次エアー調整管や燃焼塔において調整する。しかも、本発明では、還元剤の添加による改質反応が、８００℃以上の温度で完了するように、還元剤の添加量、添加時期、添加位置のいずれか少なくとも１つについて、演算制御部の出力に基づいて制御する。このような処理によって、オフガスは確実に増熱され、かつ炭酸ガス排出量の削減を果す。

【００２５】

このようにして、増熱されたオフガス、即ち改質オフガスは、例えば、製鉄所内の各種熱源として使われる（燃焼させる）ため、最終的には炭酸ガスを排出することになるものの、製鉄所内で用いられる重油等の補助燃料の使用量を増熱相当分だけ削減でき、その分の炭酸ガスが削減できることになるのである。

【００２６】

図１は、本発明の一実施形態を説明するための、アーク炉発生排ガス回収設備の概略を示すフロー図である。この排ガス回収設備は、アーク炉１００の下流側に配設される排ガス処理部２００、ダスト回収部３００、排ガス回収・排出部４００および演算制御部５００とによって構成されている。

【００２７】

アーク炉１００は、図２に模式的に示すように、炉蓋を旋回させて原料をバケット装入するタイプのアーク溶解方式の電気炉であり、鉄源が装入される炉本体１０１と、該炉本体１０１の上部の開口を塞ぐ着脱可能な炉蓋１０２とを備えている。炉蓋１０２の上方か

らは、この炉蓋を貫通して炉本体１０１の中に垂直挿入されている直流式アーク電極１０３が１本配設されている。

【００２８】

前記炉本体１０１には、側壁から炉内に向けて挿入される酸素ガス供給用酸素吹込みランス１０４、炭材供給用炭材吹込みランス１０５がそれぞれ配設されていて、その炭材吹込みランス１０５からは、空気や窒素等を搬送用ガスとして、コークスやチャー、石炭、木炭、黒鉛、バイオマス炭等、もしくはこれらの混合物からなる炭材が、炉本体１０１内に吹き込まれる。この炉本体１０１には別に、バーナー１０６が配設されており、そのバーナー１０６からは、重油、灯油、プロパンガス、天然ガス等の化石燃料と共に空気または酸素もしくは酸素富化空気を供給して、炉本体１０１内で燃焼させる。なお、このバーナー１０６は、必要に応じて取り付けられるものである。

【００２９】

前述したアーク炉１００から排出される排ガス、即ちオフガスは、まず、排ガス処理部２００に廻される。排ガス処理部２００は、上流側の設備として、エルボ形の集塵ダクト２０３、その延在位置に接続される吸煙ダクト２０４、その吸煙ダクト２０４の下流側に配設された燃焼塔２０１とが配設されており、さらにその燃焼塔２０１の下流側には、後述する冷却塔２０２との間をつなぐ改質反応ダクト２０６を介して、温度計２１０、還元剤吹込みノズル２１６、ガス分析計２０８がそれぞれ配設されている。なお、ガス分析計２０８は、排ガス中のＣＯガス、CO_2ガス、O_2ガスの濃度を測定することができるものである。

【００３０】

さて、前記排ガス処理部２００において、オフガスを燃焼させるために、吸煙ダクト２０４に設置してある２次エアー調整管２０５から空気（２次エアー）の吹き込みを行う。次に、２次エアーの添加を受けたオフガスは、吸煙ダクト２０４を経て燃焼塔２０１に入り、ここで該オフガス中に含まれる可燃性ガスと接して燃焼し、８００℃以上の温度に昇温される。この燃焼塔２０１での燃焼により昇温したオフガスは、その後、改質反応ダクト２０６において還元剤と接して改質処理が施される。

【００３１】

改質反応を終えた改質オフガスは、次に、ダスト回収部３００に送り出されることになるが、その前にまず、冷却塔２０２において冷却処理が施される。

【００３２】

一般に、製鋼用アーク炉１００に装入される鉄スクラップ中には、塩素分が含まれているため、排ガス処理部２００において改質処理された改質オフガス中には、塩素化合物である有害なダイオキシン類等が含まれるおそれがあり、これは除かなければならない。具体的には、まず、排ガス中の塩素分がダイオキシン類等を形成しても速やかに分解するように、オフガス中のＣＯを燃焼塔２０１において燃焼させることにより、ダイオキシン類が分解する８００℃以上の温度に昇温させる。その一方で、改質処理された改質オフガスは、その後、改質反応ダクト２０６を経て冷却塔２０２に導かれ、ここで２５０℃以下の温度に急冷される。それは、改質オフガスを急冷することにより、ダイオキシン類等の有害物質の再合成が防止されるからである。その結果、改質オフガス中のダイオキシン類等の有害物質の濃度を、最終的に規制値以下にすることが可能になる。

【００３３】

前述したように、燃焼塔２０１から排出されるオフガスは、二酸化炭素の濃度が１０容積％以上、一酸化炭素の濃度が１０容積％以下、また、温度が８００℃以上であれば、還元剤吹込み口２１６から改質反応のための還元剤の添加が可能になる。本発明では、オフガスの温度を、温度計２１０によって連続的に計測し、改質オフガスが８００℃以上の温度で改質反応が完了するように、還元剤の吹込み量および／または、吹込み（注入）位置の変更を必要に応じて行う。

【００３４】

本発明において、還元剤吹込みのタイミングに関して、オフガス中の二酸化炭素の濃度

を１０容積％以上のときとする理由は、そうでないと改質による増熱効果が得られない（比較例４に対応）ためであり、また、一酸化炭素の濃度を１０容積％以下のときとする理由は、そうでないと改質による増熱効果が得られない（比較例３に対応）ためである。

【００３５】

また、本発明においては、前記改質オフガス、即ち、反応生成物の燃料潜熱となって増熱された状態の改質オフガスの改質反応が８００℃以上の温度で完了するように、還元剤の添加量および／またはその吹込み位置等を調整することが必要である。改質反応完了時のオフガス温度を、８００℃以上にする理由は、改質反応完了時のオフガス温度が８００℃よりも低くなると、炭酸ガスの転化率が低下し、増熱効果ならびに炭酸ガス削減効果がともに低下するからである。

【００３６】

ここで、前述の「改質反応の完了」とは、添加したメタン等の還元剤と排ガス中の炭酸ガスとの反応が、その雰囲気における概平衡にまで進行したことを意味する。完全に平衡になるまで反応を進行させるには、理論上、無限の滞留時間が必要となり、概平衡を厳密に定義することはできない。そこで、本発明においては、改質前の排ガス中の水素ガス濃度に対して、水素ガス量が改質処理前の２倍以上に増加したときを、「改質反応の完了」とする。

【００３７】

本発明で用いることのできる還元剤としては、天然ガスや液化石油ガス、メタン、エタン、軽質ナフサ、ラフィネート、メタノール、エタノール、ジメチルエーテル、ジエチルエーテルなどから選ばれる物質の少なくとも１つの化石資源系化合物が好ましい。中でも天然ガスや液化石油ガス、軽質ナフサ、ラフィネート、ジメチルエーテルは、炭酸ガスとの反応性がよく、安価で大量の入手も容易であることから好ましい。

【００３８】

また、この還元剤としては、上記化石資源系化合物と共に、またはそれに代えて非化石資源系有機化合物を用いてもよい。非化石資源系有機化合物を用いると、炭酸ガス改質反応によってオフガスが増熱される分に加え、カーボンニュートラルな還元剤によって改質反応を行うため、炭酸ガス排出削減に大きく貢献できるので、好ましい。この非化石資源系有機化合物としては、バイオエタノール、バイオディーゼル、またはこれらの混合物を挙げることができる。

【００３９】

なお、天然ガスや液化石油ガスのように、室温で気体である還元剤を用いる場合、ガス吹き込みに適したノズルを用いればよく、ノズル形状やノズルの本数にとくに制約はない。また、ラフィネート、バイオエタノール、バイオディーゼルのように、室温で液体の還元剤の場合は、これをミスト状に噴霧して注入してもよく、気化させた後、気体で注入してもよい。ミスト状で供給する場合、その液滴径は、炭酸ガスとの接触が効率的であればよく、好ましくは０．０１～１０００μｍ、より好ましくは０．１～１００μｍである。

【００４０】

さらに、ジメチルエーテルのような液化ガス、または非化石資源系有機化合物の液化ガスを還元剤とする場合は、事前に気化させて気体として注入してもよく、また、液体で供給してノズル近傍、あるいはノズル内で気化させて供給してもよい。液体で供給される還元材を、ノズル近傍、あるいはノズル内で気化させて供給する場合、その気化熱によってノズル自体が冷却されるため、ノズルの保護の点からも好ましい。

【００４１】

冷却塔２０２を経由して温度降下した改質オフガスは、次に、ダスト回収部３００に送られる。ダスト回収部３００は、集塵ダクト３０２、ガス流量計３０３、バグフィルターからなる集塵機３０１を備えており、集塵機３０１は集塵ダクト３０２の下流側に接続され、ガス流量計３０３により、改質オフガスの流量を連続的に測定することができる。集塵機３０１により、集塵ダクト３０２を経て供給される改質オフガス中のダストが捕集され、回収される。なお、集塵ダクト３０２には直引系のブロアー３０４が設置されている

。

【００４２】

このようにして除塵された改質オフガスは、次に、排ガス回収・排出部４００に送られる。排ガス回収・排出部４００には、排ガス回収ダクト４０２、ブロアー４０４、ガス流量切換弁４０３、フレア４０１が配設されており、ダストが除かれた改質オフガスはガス流量切換弁４０３を介してフレア４０１から大気に放出されるか、図示しないガスホルダーに排出される。

【００４３】

上述したアーク炉発生排ガスの改質方法の実施に当たって、本発明では、アーク炉から排出される炭酸ガス含有排ガスを排ガス回収設備に導いて還元剤を添加することにより、その排ガス中に含まれる炭酸ガスと還元剤とによる改質反応を導いて該排ガスの改質を行う装置を用いる。この装置は、アーク炉の下流側に配設される排ガス処理部、ダスト回収部、排ガス回収・排出部および演算制御部にて構成されるものであり、とくに、排ガス処理部には、アーク炉発生排ガスを燃焼させて昇温する燃焼塔、その燃焼塔の下流側に配設される還元剤吹込み装置、温度計測装置、濃度計測装置および改質反応によって増熱された排ガスの温度を降下させる冷却塔を配設してなり、また、前記演算制御部には、温度計測装置からの出力および濃度計測装置の出力によって作動する還元剤の添加量を制御する流量制御装置を設けてなることを特徴とするものである。

【００４４】

前記改質装置において、排ガス処理部２００に配設される濃度計測装置としては、燃焼塔２０１の下流側に配設したガス分析計２０８が用いられる。また、前記計測装置としては、燃焼塔２０１の下流側に配設された温度計２１０が用いられる。

【００４５】

前記ダスト回収部３００は、集塵ダクト３０２に沿って、上流からガス流量計３０３、ブロワー３０４、集塵機３０１と順次に配設された構成を有する。

【００４６】

前記排ガス回収・排出部は、前記ガス分析計２０８によるＣＯガス濃度、CO_2ガス濃度の出力に応じて作動し、フレア４０１もしくは図示しないガスホルダーへの流路を選択するガス流路切換弁４３０を配設してなる部分である。

【００４７】

また、演算制御部５００の構成例を図１中に点線で示す。この図示例は、還元剤供給のための流量制御弁５０２は１個だけであり、それを二酸化炭素濃度と一酸化炭素濃度を測定するためのガス分析計２０８と温度を計測するための温度計２１０の一方または両方の出力によって制御するようにしているものであるが、演算装置５０１を介して図示していない２個の制御弁を使って別々に制御するようにしてもよい。また、ガス分析計２０８の出力でガス流路切換弁４０３を制御すると同時にこの切換弁の下流側に、さらに別の制御弁を設置して、前記温度計２１０の出力によって制御するようにしてもよい。

【００４８】

さて、本発明では、アーク炉から排出される高温の炭酸ガス含有排ガス、即ち、オフガスに還元剤を添加して、該オフガス中に含まれる炭酸ガスと還元剤とを反応させることにより、増熱された改質オフガスを製造することができる。この改質オフガスの製造方法において、該オフガス中への前記還元剤の添加は、燃焼塔２０１から排出される８００℃以上に昇温したオフガス中の二酸化炭素の濃度が１０容積％以上、一酸化炭素の濃度が１０容積％以下の時に行い、しかも、前記改質反応を、オフガス温度が８００℃以上のときに完了させるようにすると、増熱率で９（本発明２に対応）％以上を示す熱量の改質ガスを製造することができる。

【００４９】

ここで、アーク炉発生排ガスを改質することにより製造される改質オフガスとは、排ガス中の炭酸ガスと還元剤との反応が完了することによって生成する増熱されたガスを意味する。そして、「改質反応の完了」とは、前述した定義のとおりである。即ち、アーク炉

の操業において、水素ガス量が改質処理前の２倍以上に増加したガスをもって改質オフガスとする。

【００５０】

本発明において、「改質オフガス」をこのように定義する理由は、上述した改質反応によって炭酸ガス濃度は減少する一方、水素と一酸化炭素濃度が増加するため、未改質のオフガスに比べて、ガスの燃焼熱が５～３０％程度増加するが、その燃焼熱は実測値ではなく、ガス組成からの計算値を示すことが一般的であることから、前述のように、水素ガス濃度の変化で「改質オフガス」を定義することとしたのである。

【００５１】

上述した説明では、アーク炉として直流アーク式電気炉の例を示したが、本発明の上述した技術は、３本のアーク電極を配設する交流アーク式電気炉にも適用できることはいうまでもない。また、交流アーク式の電気炉の炉底に攪拌ガスを吹き込むためのガス吹き込みプラグを設けた構造のものにも適用できる。

【実施例】

【００５２】

１５０ｔ直流アーク式電気炉内に、装入物として、鉄スクラップを１４７トン装入して操業を行った。この操業で、最初、電気炉に通常の鉄スクラップ等を８５ｔ装入し、表１に示す通電条件およびバーナー・酸素ランス・炭材吹込み条件で行った。

【００５３】

【表１】

操業スケジュール		溶解１	装入	溶解２	精錬	出鋼
時間(分)		14	2	25	12	3
通電	KA	70～100	－	70～100	－	－
	MWh	13～17	－	30～35	13～15	－
バーナー(m^3／分)		60～70	－	60～70	－	－
酸素吹込み(m^3／分)		100～120	－	100～120	－	－
炭材吹込み(kg／分)		60～100	－	60～100	－	－

【００５４】

アーク溶解は、バーナーからの酸素流量：６０～７０ｍ^3／分、酸素ランスからの酸素流量：１００～１２０ｍ^3／分、炭材吹込み量６０～１００ｋｇ／分の条件で行った。溶解時間は、溶解１では１４分、溶解２では２７分とし、１２分精錬後出鋼を行った。アーク炉の操業を行っている間、排ガス回収設備の排ガス処理部において、ガス分析と排ガス温度を測定し、改質反応ダクト内の昇温オフガス中に還元剤を注入した。この改質処理のために、還元剤として天然ガスを、CO_2流量と等しい流量で添加した。この天然ガスのCH_4含有率が９２容積％であったので、CO_2とCH_4のモル比は略１：１にできることを前提とした。

【００５５】

このアーク炉操業例での結果を実施例１～３と比較例１～４とを対比して表２に示す。ただし、この表に示すオフガスの総発熱量には、還元剤として添加した天然ガスの熱量が含まれている。

【００５６】

【表２】

	オフガス	改質温度	CO	CO_2	O_2	N_2	CH_4	H_2	ガス量	発熱量	
		℃	%	%	%	%	%	%	Nm^3/h	kcal/Nm^3	kcal/h
発明例１	改質前	800	9	15	0	76	0	0	9000	270	14000
	改質後		26.3	0.4	0	52.8	0.4	20.1	12900	1350	17500
発明例２	改質前	800	3	24	0	73	0	0	9000	90	19300
	改質後		28.8	0.6	0	43	0.6	27	15300	1370	21000
発明例３	改質前	1000	3	24	0	73	0	0	9000	90	19000
	改質後		29.5	0.1	0	42.5	0.1	27.8	15500	1360	21000
比較例１	改質前	300	0	5	22	73	0	0	9000	0	3900
	改質後		0.1	4.7	20.9	69.5	4.7	0.1	9500	410	3900
比較例２	改質前	600	4	15	5	76	0	0	9000	120	12700
	改質後		16.2	4.7	3.8	57.4	4.7	13.2	11900	980	11700
比較例３	改質前	800	13	12	0	75	0	0	9000	400	12800
	改質後		26.6	0.4	0	55.5	0.4	17.1	12200	1000	12200
比較例４	改質前	800	0	5	22	73	0	0	9000	0	3900
	改質後		8.4	0.1	19.2	63.6	0.1	8.6	9500	610	3900

【００５７】

発明例１では、改質前のオフガスの燃焼熱は２７０ｋｃａｌ／Ｎｍ^{3}であったが、改質後では１３５０ｋｃａｌ／Ｎｍ^{3}と、オフガス体積規準で５倍増熱されていた。オフガス流量も１．４３倍になっているため、増熱量は非常に大きいことがわかった。還元剤として添加した天然ガスの熱量を考えた場合の総発熱量の比である、真の増熱率は２５％となった。

発明例２は、発明例１と同じ温度であるが、ガス組成が異なっている例である。この発明例２での真の増熱率は９％となった。

発明例３は、発明例２と同じガス組成であるが、温度が異なっている例である。この発明例３での真の増熱率は１１％となった。

【００５８】

これに対して比較例については、真の増熱率は変化が無いか減熱になっている。即ち、比較例１は、溶解１の後のスクラップ装入時に還元ガスを注入した例である。即ち、スクラップの装入は、炉蓋を空けることから温度の低下を招き、本発明の範囲から外れた条件である。また、この例はバーナーや炭材の吹込みを行っておらず、さらに、炉内に多量の空気が侵入することから、ガス組成も本発明の範囲から外れた条件である。改質後にもCO_2が検出されていることから、このような条件では、改質反応が十分に起っていないと考えられる。

【００５９】

次に、比較例２は、温度が本発明の範囲から外れた条件である。改質後にもCO_2が検出されていることから、このような条件では、改質反応が十分に起っていないと考えられる。比較例３は、ＣＯガス濃度が本発明の範囲から外れた条件である。改質反応は起っているが真の増熱率は減熱になっている。比較例４は、CO_2ガス濃度が本発明の範囲から外れた条件である。改質反応は起っているが真の増熱率は変化していない。

【産業上の利用可能性】

【００６０】

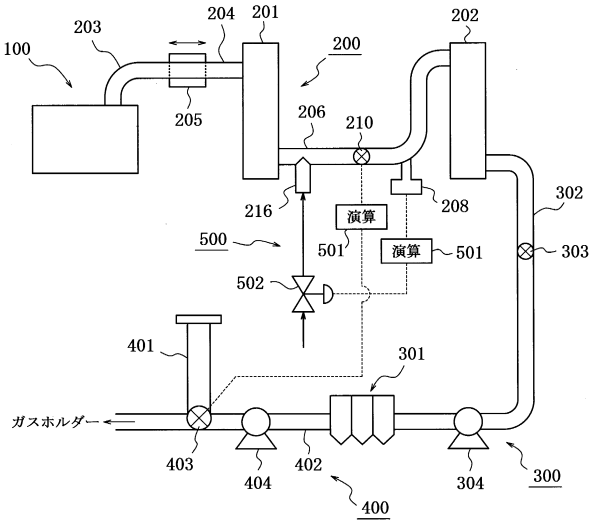
本発明の技術は、製鋼用アーク炉だけでなく、高温の排ガスを発生する直流、交流の他の金属溶解用アーク炉の排ガス改質回収技術としても有効である。

【符号の説明】

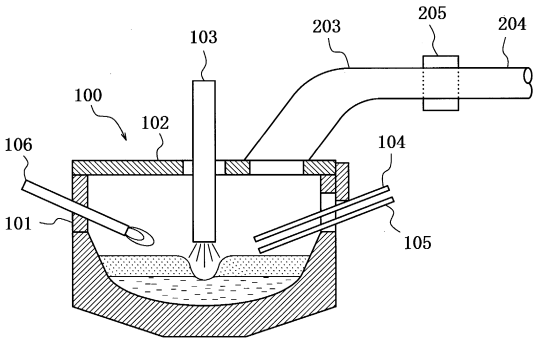
【００６１】

１００　アーク炉
１０１　炉本体
１０２　炉蓋
１０３　電極
１０４　酸素吹込みランス
１０５　炭材吹込みランス
１０６　バーナー
２００　排ガス処理部
２０１　燃焼塔
２０２　冷却塔
２０３　集塵ダクト
２０４　吸煙ダクト
２０５　２次エアー調整管
２０６　改質反応ダクト
２０８　ガス分析計
２１０　温度計
２１６　還元剤吹込み口
３００　ダスト回収部
３０１　集塵機
３０２　集塵ダクト
３０３　ガス流量計
３０４　ブロアー
４００　排ガス回収・排出部
４０１　フレア
４０２　排ガス回収ダクト
４０３　ガス流路切換弁
４０４　ブロアー
５００　演算制御部
５０１　演算装置
５０２　流量制御弁

【図１】


100
203
204
201
202
200
205
206
210
216
208
302
演算
500
501
演算
501
303
502
401
301
ガスホルダー
403
404
402
400
304
300

【図２】


103
203
205
204
100
102
106
104
101
105

フロントページの続き

(72)発明者　松野　英寿
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社　内
(72)発明者　藤林　晃夫
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社　内

審査官　酒井　英夫

(56)参考文献　特開２００３－２５３３２３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１００８７６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１４４１８８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２５５０８７（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１７１２６５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ２１Ｃ　５／５２－５／５４，
Ｆ２７Ｄ　１７／００，
Ｆ２３Ｇ　７／０６