

明 細 書

発明の名称： 廃棄物ガス化溶融炉

技術分野

[0001] 本発明は、炉上部から装入した廃棄物を乾燥及び熱分解させ、更に熱分解残渣を溶融させて炉底部から溶融残渣を回収する廃棄物ガス化溶融炉に関する。

背景技術

[0002] 一般廃棄物や産業廃棄物などの廃棄物を処理する方法としては、例えばコークス等の炭素系固形燃料を溶融熱源に用い、工業炉で廃棄物を溶融する方法がある。溶融による廃棄物の処理は、廃棄物の減容化だけでなく、これまで埋め立てによって最終処分されていた焼却灰や不燃性ごみをスラグやメタルにして再資源化できる利点がある。

[0003] 廃棄物を溶融する設備としては、シャフト式のガス化溶融炉が知られている（例えば、特許文献 1，特許文献 2 参照）。特許文献 1、2 に開示されている廃棄物ガス化溶融炉は、円筒状のシャフト部（直胴部）、逆円錐台部（朝顔部）及び炉底部を含む炉本体を有し、空気や酸素富化空気などの燃焼支持ガスを炉内に吹き込むための上段羽口と下段羽口が設けられている。

[0004] 特許文献 1、2 に開示されている廃棄物ガス化溶融炉は、炉上部から廃棄物とコークスを装入し、シャフト部内を降下する廃棄物と上段羽口から吹き込んだ空気とを熱交換させることによって廃棄物を乾燥・熱分解させる。乾燥・熱分解した廃棄物の熱分解残渣は、炉底部に降下し、コークスの燃焼熱を熱源にして溶融させる。そして溶融残渣を炉底部から抜き出し、スラグとメタルを回収する。

[0005] 特許文献 1、2 に開示されている廃棄物ガス化溶融炉は、上段羽口から吹き込んだ空気によって廃棄物を乾燥・熱分解させている。従って、廃棄物の乾燥・熱分解を促進するためには、上段羽口からの送風量を増やすなどして、上段羽口から供給する酸素割合を増加させることが好ましい。上段羽口か

ら供給する酸素割合を増加させることにより、シャフト部において廃棄物自身の燃焼熱を利用した乾燥・熱分解を促進することができる。

- [0006] しかしながら、特許文献 1、2 に開示されている廃棄物ガス化溶融炉は、文献中にも記載されているように、上段羽口からの酸素割合が過半を超えると特に吹き抜け現象等が発生し、炉内圧力が変動するなど炉の操業が不安定となる。そのため、実際の炉の操業は、下段羽口からの酸素割合を 70～80% とし、上段羽口からの酸素割合を 20～30% にとどめている。加えて、シャフト式のガス化溶融炉は、上段羽口から吹き込んだ空気がシャフト部の中心領域まで到達し難い構造であるため、シャフト部の中心領域を降下している廃棄物の乾燥・熱分解が不十分となり、炉底部まで持ち込まれる水分や揮発分の量が多くなる。その結果、溶融熱源であるコークスの燃焼熱が水分や揮発分を蒸発するのに消費され、その分の余分なコークスが必要となる。コークスの余分な消費は、ランニングコストを高騰させるだけでなく、化石燃料に由来する CO_2 の排出量が増えるという問題がある。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特公昭 53-16633 号公報
特許文献2：特公昭 60-11766 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] 本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、シャフト部における廃棄物の乾燥・熱分解を促進し、炉底にまで水分や揮発分が持ち込まれるのを抑制し、余分なコークスの消費を削減することのできる廃棄物ガス化溶融炉を提供することにある。
- [0009] 本発明の他の目的は、廃棄物の熱分解効率を向上させることによって、熱分解不足の廃棄物が炉底にまで持ち込まれることを抑制し、炉底での燃焼負荷を軽減することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 即ち、本発明の要旨とするところは以下のとおりである。

(1) 上部側に廃棄物装入口及び炉内ガス排出口、底部側に廃棄物が排出される開口部を有し、内部に充填された廃棄物を乾燥及び熱分解させるシャフト部と、前記シャフト部とは炉芯をずらして配置され、上部側に熱分解された廃棄物と炭素系固形燃料が供給される開口部、炉底側に燃焼用の酸素富化空気を吹き込む羽口を有する溶融炉部と、前記シャフト部の底部側開口部と前記溶融炉部の上部側開口部とを連結する連通部と、を備えた廃棄物ガス化溶融炉において、前記シャフト部に充填された廃棄物の荷重を受ける位置に配置された炭化火格子部と、乾燥・熱分解用の空気を前記炭化火格子部から前記シャフト部内に送風する送風装置と、前記炭化火格子部上にある熱分解された廃棄物を前記溶融炉部の上部側開口部に供給する供給装置と、を前記連通部に備え、前記炭化火格子部は、上段側に配置される供給炭化火格子と、下段側に配置される乾留炭化火格子とを含み、前記供給装置は、前記供給炭化火格子上の廃棄物を前記乾留炭化火格子に向けて供給する第1供給装置と、前記乾留炭化火格子上にある炭化した廃棄物を前記溶融炉部に向けて供給する第2供給装置を含み、前記炭化火格子部での廃棄物自身の燃焼熱を利用した乾燥・熱分解を促進させるために、炉内に吹き込まれる全酸素量の60%以上を占めるように前記乾燥・熱分解用の空気を前記炭化火格子部から前記シャフト部内に送風し、炉内に吹き込まれる全酸素量の40%未満を前記溶融炉部の羽口から供給する酸素配分とし、さらに前記第2供給装置の供給速度(V_2)を、前記第1供給装置の供給速度(V_1)よりも大きく設定($V_2 > V_1$)したことを特徴とする廃棄物ガス化溶融炉。

(2) 前記送風装置は、前記炭化火格子部から前記溶融炉部に供給される廃棄物中の水分が10%以下であって、且つ、固定炭素の残存量が3%以上となるように、前記炭化火格子部から炉内に吹き込む空気量を調節することを特徴とする前記(1)に記載の廃棄物ガス化溶融炉。

(3) 前記溶融炉部内の廃棄物充填高さを前記羽口より上方向+0.5m～

前記炭化火格子部の最下端部までの範囲内に維持するように、前記供給装置の供給速度を制御することを特徴とする前記（１）又は（２）に記載の廃棄物ガス化溶融炉。

（４）前記溶融炉部内の圧力（ P_1 ）と前記炭化火格子部の上部空間の圧力（ P_2 ）との差圧を $0.4 \text{ kPa} \sim 2 \text{ kPa}$ の範囲内に維持するように、前記供給装置の供給速度を制御することを特徴とする前記（１）～（３）のいずれかに記載の廃棄物ガス化溶融炉。

（５）前記炭化火格子部の温度を $650^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$ の範囲内に維持するように、前記供給装置の供給速度を制御することを特徴とする前記（１）～（４）のいずれかに記載の廃棄物ガス化溶融炉。

（６）前記炭素系固形燃料中に含まれる固定炭素の理論燃焼酸素量（ M_1 ）を、前記羽口から前記溶融炉内に吹き込む酸素富化空気の総酸素量（ M_2 ）で除した値を溶融炉燃料比（ M_1/M_2 ）としたときに、前記溶融炉燃料比（ M_1/M_2 ）を $0.8 \sim 1.2$ の範囲内に設定することを特徴とする前記（１）～（５）のいずれかに記載の廃棄物ガス化溶融炉。

（７）廃棄物の種類又は性状に応じて炉内への装入位置を変更する少なくとも一つ以上の廃棄物装入口を、前記シャフト部の上部に配置した廃棄物装入口とは異なる位置に設けたことを特徴とする前記（１）～（６）のいずれかに記載の廃棄物ガス化溶融炉。

（８）前記炭化火格子部は、炭化火格子燃焼率が $300 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 500 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ の範囲内にあることを特徴とする前記（１）～（７）のいずれかに記載の廃棄物ガス化溶融炉。

（９）前記溶融炉部は、円筒形状であって、前記炭化火格子部からの廃棄物が供給される前記開口部から前記羽口までの間に絞り部をなす逆円錐台部が形成されており、前記逆円錐台部の傾斜角が 75° より大きくなっていることを特徴とする前記（１）～（８）のいずれかに記載の廃棄物ガス化溶融炉。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、シャフト部に充填された廃棄物の荷重を受ける位置に炭化火格子部を配置し、この炭化火格子部を通じて、炉内に吹き込まれる全酸素量の60%以上を占める乾燥・熱分解用の空気をシャフト部内に送風し、炉内に吹き込まれる全酸素量の40%未満を前記溶融炉部の羽口から供給する酸素配分とし、乾留炭化火格子が溶融炉部に廃棄物を供給する速度（ V_2 ）を、供給炭化火格子が乾留炭化火格子に廃棄物を供給する速度（ V_1 ）よりも大きく設定（ $V_2 > V_1$ ）したことにより、吹き抜け現象など炉の操業が不安定になる現象が発生するのを抑制しつつ前記シャフト部及び前記炭化火格子部における廃棄物の乾燥・熱分解を促進することが可能となる。その結果、溶融炉部の炉底にまで水分や揮発分が持ち込まれるのを抑制することができ、余分な炭素系固形燃料の消費を削減することが可能となる。

[0012] 更に本発明によれば、前記炭化火格子部から前記溶融炉部に供給される廃棄物中の水分が10%以下であって、且つ、固定炭素の残存量が3%以上となるように、前記炭化火格子部から炉内に吹き込む空気量に調節し、この調節された空気量に対応する酸素量が炉全体における全酸素量の60%以上となるようにしたことにより、従来と比較しても炉全体における酸素量を増加させることなく、水分と残留固定炭素のバランスが考慮された溶融に好適な性状にして前記溶融炉部に供給することが可能となる。その結果、より確実に前記溶融炉部における溶融以外の不要な燃焼負荷を低減でき、余分な炭素系固形燃料の消費を抑制することができる。また、炉全体における酸素量が大幅に削減できるため、酸素発生装置をコンパクト化することができ、酸素発生装置での消費電力を大幅に減らすことができる点が、本発明の大きな効果の一つである。

[0013] 更に本発明によれば、前記炭化火格子部を、供給炭化火格子と乾留炭化火格子の2段構成とし、前記乾留炭化火格子から前記溶融炉部に廃棄物を供給する速度（ V_2 ）を、前記供給炭化火格子から前記乾留炭化火格子に廃棄物を供給する速度（ V_1 ）よりも大きく設定したことにより、前記乾留炭化火格子上の廃棄物の層厚を薄くすることで熱分解効率を向上させることが可能

となる。

- [0014] 更に本発明によれば、前記溶融炉内の廃棄物の充填高さを羽口より上方向＋0.5 m～前記炭化火格子部の最下端部までの範囲内に維持するように、前記炭化火格子部からの供給速度を制御することにより、前記溶融炉部内から連通部へ酸素がリークするのを抑制することができる最低限の充填高さを確保する。その結果、リークした酸素と連通部内に存在する一酸化炭素とが反応してしまうのを抑制することができる。更に、炉の内壁に酸化溶融クリンカが形成されるのを抑制することができる。また反対に、充填高さを前記炭化火格子部の最下端部以下にすることによって、前記炭化火格子上部の熱分解効率低下や押し固めに伴う棚吊り現象を防止することができる。前記溶融炉部が円筒形状である場合は、廃棄物が供給される上部開口部から羽口までの間に絞り部をなす逆円錐台部が形成し、逆円錐台部の傾斜角を75度より大きくすることによって棚吊を防止することもできる。
- [0015] 更に本発明によれば、炭素系固形燃料中に含まれる固定炭素の理論燃焼酸素量（M1）を、前記羽口から前記溶融炉部に吹き込む酸素富化空気の総酸素量（M2）で除した値を溶融炉内燃料比（M1／M2）としたときに、溶融炉燃料比（M1／M2）を0.8～1.2の範囲内に設定したことにより、炭素系固形燃料を確実に炉底にまで到達させつつ前記溶融炉部に余分な空気（或いは酸素）を供給するのを抑制することができる。
- [0016] 更に本発明によれば、廃棄物の種類又は性状に応じて炉内への装入位置を変更する構成としたことにより、例えば水分が少ない廃棄物や灰分が多い廃棄物などは前記溶融炉部に直接投入して、前記シャフト部を通過させないようにすることができる。その結果、前記シャフト部及び前記炭化火格子部における乾燥・熱分解効率を向上させることが可能となる。また、炭化火格子部の火格子同士の隙間から落塵する灰の量を減らす効果も望める。
- [0017] 更に本発明によれば、炭化火格子燃焼率が300 kg／（m²・h）～500 kg／（m²・h）の範囲内となるように前記炭化火格子部を構成したことにより、水分が10％以下であって、且つ、固定炭素が好適に残存した状態

の廃棄物を生成して前記溶融炉部に供給することが可能である。好適な固定炭素の残存量は3%以上である。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の好ましい実施形態に従う廃棄物ガス化溶融炉を示す縦断面図である。

[図2]上記廃棄物ガス化溶融炉の形状を説明するための図である。

[図3]上記廃棄物ガス化溶融炉のコークス比と炭化火格子部の酸素割合の試験結果を示すグラフである。

[図4]図4（a）は上記炭化火格子部で炭化された後の廃棄物の水分と残留固定炭素の試験結果を示すグラフであり、図4（b）は廃棄物を溶融したときのスラグ温度の結果を示すグラフである。

[図5]上記炭化火格子部で炭化される廃棄物の様子を模式的に示す図である。

[図6]図6（a）は上記炭化火格子部の燃焼率と廃棄物の水分の試験結果を示すグラフであり、図6（b）は廃棄物を溶融したときのスラグ温度の結果を示すグラフである。

[図7]上記廃棄物ガス化溶融炉の溶融炉燃料比とスラグ温度の試験結果を示すグラフである。

[図8]上記廃棄物ガス化溶融炉の炉底レベルとスラグ温度の試験結果を示すグラフである。

[図9]上記廃棄物ガス化溶融炉の温度計、圧力計の設置位置を説明する図である。

[図10]上記廃棄物ガス化溶融炉の炉底差圧とスラグ温度の試験結果を示すグラフである。

[図11]上記廃棄物ガス化溶融炉の炭化火格子部温度とスラグ温度の試験結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の好ましい実施形態に従う廃棄物ガス化溶融炉について、添付図面を参照しながら詳しく説明する。但し、以下に説明する実施形態によ

って本発明の技術的範囲は何ら限定解釈されることはない。

[0020] 図1は、本実施形態に従う廃棄物ガス化溶融炉の縦断面図を示す。廃棄物ガス化溶融炉1は、例えば還元雰囲気下で廃棄物を乾燥・熱分解するシャフト部2、乾燥・熱分解された廃棄物を更に熱分解して、炭化された廃棄物を生成する炭化火格子部3、炭化された廃棄物を更に燃焼・溶融する溶融炉部4を備えている。シャフト部2と溶融炉部4は、相対的に横方向に炉芯をずらすように配置されており、シャフト部2の底部側開口部と溶融炉部4の上部側開口部とが連通部5を通じて連結されている。炭化火格子部3は、連通部5の底面側に階段状に配置されている。

[0021] シャフト部2は、例えば円筒形状に形成する。シャフト部2の上部には、被処理物である廃棄物を炉内に装入するための廃棄物装入口21が形成されている。更に、シャフト部の上部側には、廃棄物が熱分解して発生するガスや炉内に吹き込んだガスを排出する炉内ガス排気口22が形成されている。一方、円筒形状のシャフト部2の底面は、シャフト内を自重で降下する廃棄物が排出される開口部23となっている。シャフト部2の内径及び高さは、炉の処理能力等に応じて適宜決定することができるが、シャフト内の廃棄物の充填高さを少なくとも下端面から1m以上で管理することのできる高さにすることが好ましい。充填高さを1m以上に確保することによって、シャフト内において炉内ガスの吹き抜け現象が発生するのを抑制できる。

[0022] 溶融炉部4は、例えば円筒形状に形成する。溶融炉部4の上部には、炭素系固形燃料を炉内に装入するための副資材装入口41が形成されている。更に、溶融炉部4の炉底には、装入された炭素系固形燃料、及び炭化火格子部3から供給される炭化された廃棄物の可燃性熱分解残渣（固定炭素）を燃焼させるための、酸素富化空気を炉内に吹き込む羽口42が周方向に複数配置されている。羽口42から炉内に吹き込まれる酸素富化空気とは、例えば酸素発生器43からの酸素を混合することによって酸素濃度を高めた空気である。なお、炭素系固形燃料は、廃棄物と共に廃棄物装入口21から装入するようにしてもよい。炭素系固形燃料は、コークス、バイオマスの炭化物など

であるが、これら以外の炭素系可燃性物質を用いることもできる。また、炭素系固形燃料の他にも、塩基度調整剤としての石灰石等を副資材装入口 4 1 から装入することもできる。

[0023] 溶融炉部 4 の炉底には、溶融残渣物（すなわち、スラグ及びメタル）を排出する出湯口 4 4 が設けられている。出湯口 4 4 は、開閉機構（不図示）が設けられており、間欠的に溶融残渣物を排出する。炉外に排出した溶融残渣物は、冷却・凝固させ、更にスラグとメタルに分別する。このように還元雰囲気下において間欠的に溶融残渣物を排出する場合、炉底のスラグ温度（実際に測定するのは溶融残渣物の温度）が 1 4 5 0℃以上であることが好ましい。スラグ温度が 1 4 5 0℃以上であれば、鉛（Pb）の含有率を抑えた良質のスラグを得ることができる。また、スラグの流動性が良いので安定して炉外に排出することができる。すなわち、本実施形態の溶融炉においては、炉の安定操業を行うために炉底のスラグ温度が 1 4 5 0℃以上であることが好ましい。

[0024] 溶融炉部 4 は、連通部 5 との連結位置（すなわち、炭化火格子部 3 の最下端）から羽口 4 2 までの間に絞り部をなす逆円錐台部（所謂、朝顔部）4 5 を形成するのが好ましく、更に逆円錐台部 4 5 の傾斜角 θ を 7 5 度より大きく設定することが望ましい。逆円錐台部 4 5 の傾斜角 θ が 7 5 度以下、特に 7 0℃以下の場合は、特に逆円錐台部 4 5 の壁面との摩擦によって荷下がり停滞し、内部で廃棄物の棚吊り現象が発生する場合がある。そのため、逆円錐台部 4 5 の傾斜角 θ を 7 5 度より大きく設定して溶融炉部 4 内の充填物の荷下ガリを促進させ、棚吊り現象が発生するのを防止する。なお、溶融炉部 4 を、円筒形状ではなく矩形状に形成する場合、図 2 に例示するように、炉の幅方向の両側面を 7 5 度より大きい傾斜角（ θ ）にする。

[0025] 連通部 5 は、縦断面形状が矩形状に形成されており、底面に沿って炭化火格子部 3 が配置されている。炭化火格子部 3 は、シャフト部 2 で乾燥及び熱分解された廃棄物を更に熱分解する。本実施形態では炉内が還元雰囲気となるように空気量を調節し、燃焼が進行して灰分が生成しないようにしつつ廃

棄物を熱分解（乾留）して炭化させる。更に炭化火格子部 3 は、廃棄物を熱分解（乾留）する装置であると共に、炭化した廃棄物を溶融炉部 4 に供給する供給装置を兼ねている。すなわち、炭化火格子部 3 は、可動火格子と固定火格子とを交互に階段状又は傾斜状に組み合わせることによって形成されており、各可動火格子を流体圧シリンダ等の駆動装置 31（31a, 31b）で前後方向へ一定のピッチで往復動させることによって、炭化火格子部 3 の上にある廃棄物を攪拌しながら上流側から下流側へ向けて押し出すようになっている。但し、炭化火格子部 3 を固定火格子のみで構成し、供給装置を別に設けるようにしてもよい。供給装置としては、プッシャーが一例として挙げられる。

[0026] 炭化火格子部 3 は、上段側の供給炭化火格子 3A と、下段側の乾留炭化火格子 3B による 2 段構造になっている。供給炭化火格子 3A は、シャフト部 2 内に充填された廃棄物の荷重を直接的に受けるように、真上にシャフト部 2 が位置するように配置されている。供給炭化火格子 3A は、シャフト部 2 で乾燥・熱分解された廃棄物を更に熱分解して炭化させながら乾留炭化火格子 3B に押出供給する。炭化火格子部 3 の幅、特に供給炭化火格子 3A の幅は、シャフト部 2 の内径と同じであることが好ましい。シャフト部 2 から炭化火格子部 3 に切り替わる箇所において炭化火格子部 3 の幅とシャフト部 2 の内径を同じにすることによって、廃棄物の荷下がり安定化させることができる。その結果、シャフト部 2 から炭化火格子部 3 に切り替わる箇所やシャフト部 2 内において、廃棄物が棚吊り状態となるのを抑制することができる。

[0027] また、供給炭化火格子 3A が下流への供給動作を行うことによってシャフト部 2 の下端周辺の廃棄物が圧密になるのを抑制するために、図 2 に例示するように、供給炭化火格子 3A の最上段の火格子がシャフト部 2 の下端よりも低い位置（すなわち、高さ $h_1 > 0$ ）になっていることが好ましい。また、供給炭化火格子 3A の幅とシャフト部 2 の内径が同じに設定した場合、図 2 に例示するように、供給炭化火格子 3A の最下端部とシャフト部 2 の下端

との幅（ h_2 ）がシャフト部2の内径よりも小さいことが更に好ましい。このように構成すれば、連通部5からシャフト部2に流れ込むガスの流速が上がるので、シャフト部2内に均一にガスが行き届くようにすることが可能となる。供給炭化火格子3Aの幅とシャフト部2の内径が異なるように設定した場合には、高さ h_2 に代えて、該当箇所の矩形断面積がシャフト断面積よりも小さくなるようにする。

[0028] 一方、乾留炭化火格子3Bは、供給炭化火格子3Aからの廃棄物を更に熱分解して炭化物を生成し、炭化された廃棄物を溶融炉部4に押出供給する。乾留炭化火格子3Bは、供給炭化火格子3Aと同じ幅であってもよく、相対的に異なる幅としてもよい。乾燥と熱分解が進行することにより廃棄物は減容化するので、通常は、シャフト部2の内径や連通部5の幅に比べて溶融炉部4の炉底内径を小さく設計する。そこで、乾留炭化火格子3Bは、下流側の幅が、出来るだけ溶融炉部4の上部側開口部46の内径に近づくように、上流側から下流側に向かうにつれて徐々に幅を小さくした構成としてもよい。このように乾留炭化火格子3Bの下流側の幅を溶融炉部4の内径に近付けることにより、逆円錐台部45の絞り率を緩和して、逆円錐台部45の傾斜角 θ が75度を下回る形状になってしまうのを回避する。

[0029] なお、図1には、供給炭化火格子3A及び乾留炭化火格子3Bの両方とも、水平方向に火格子が延びる水平火格子を示しているが、これに限定されることはなく、供給炭化火格子3A及び乾留炭化火格子3Bのいずれか一方或いは両方を、先端側が上方向に向かって傾斜する傾斜火格子にしてもよい。廃棄物の処理量が多い炉を設計する場合は、供給炭化火格子3A及び乾留炭化火格子3Bの両方とも、傾斜火格子に比べて供給能力が高い水平火格子にすることが好ましい。

[0030] 供給炭化火格子3Aの可動火格子は第1駆動装置31aによって駆動される構成であり、乾留炭化火格子3Bの可動火格子は第2駆動装置31bによって駆動される構成である。このように第1及び第2駆動装置31a、31bを配置して、各々が独立して駆動、停止及び駆動速度（すなわち、供給速

度)を制御可能なようにしている。この場合、供給炭化火格子3Aの供給速度(V1)と乾留炭化火格子3Bの供給速度(V2)は、相対的に異なるように設定してもよく、或いは同じに設定してもよい。供給速度を相対的に異なるように設定する場合、乾留炭化火格子3Bの供給速度(V2)が供給炭化火格子3Aの供給速度(V1)よりも大きくなるように設定するのが好ましい。更に、乾留炭化火格子3Bの供給速度(V2)を一定にして、供給炭化火格子3Aの供給速度(V1)を可変制御することが、より好ましい。

[0031] 更に炭化火格子部3は、図示を省略するが、火格子間の隙間及び／又は火格子に形成した送風孔を通じて表面全体から空気を炉内に吹き込むことができる構成となっている。すなわち、炭化火格子部3は、乾燥・熱分解用の空気を炉内に吹き込む送風装置を兼ねている。供給炭化火格子3A及び乾留炭化火格子3Bの裏面側には、炭化した廃棄物のうちの微細なものが火格子間の隙間から落下した場合にそれを回収するための第1回収室32aと第2回収室32bとが夫々配置されており、第1回収室32aと第2回収室32bに送風管33a、33bが夫々連結されている。図示しない送風機からの空気を送風管33a、33bを通じて第1回収室32a及び第2回収室32bに供給すると、火格子間の隙間及び／又は火格子に形成した送風孔を通じて炉内に空気が吹き込まれるようになっている。火格子間の隙間及び／又は火格子に形成した送風孔は、例えば400mmピッチ以下であることが好ましい。供給炭化火格子3A及び乾留炭化火格子3Bから供給する空気は、常温であってもよく、例えば200℃まで予熱されていてもよい。空気の予熱は、例えば炉内ガス排出口22から排出される高温ガスとの熱交換によって行うようにしてもよい。

[0032] 上記構成において、廃棄物装入口21から装入された廃棄物は、シャフト部2内で廃棄物充填層100を形成する。そして、炭化火格子部3及び熔融炉部4に吹き込んだ空気や炉内で発生したガスが廃棄物充填層100を通過するときの熱交換によって、廃棄物の乾燥及び熱分解が進行する。乾燥及び熱分解には、廃棄物自身からの発熱も利用される。シャフト部2内を荷下

りする廃棄物は、シャフト部2内の廃棄物充填層100の荷重を受ける供給炭化火格子3A上に供給され、供給炭化火格子3Aで更に熱分解しながら乾留炭化火格子3Bに供給される。乾留炭化火格子3Bで更に熱分解されて炭化した廃棄物は、溶融炉部4の上部側開口部46から落下供給され、炭化された廃棄物の充填層101を形成する。溶融炉部4内には副資材装入口41から炭素系固形燃料としてのコークスが装入され、炉底において羽口42から吹き込まれた酸素富化空気によってコークス及び廃棄物の固定炭素を燃焼させる。これにより炉底に高温のコークスベット102が形成され、その熱で廃棄物に含まれる灰分や不燃成分を溶融する。一方、炉内ガス排気口22から排出された高温ガスは、ボイラー等の装置で廃熱を回収した後、無害化处理をして放出する。

[0033] 炭化火格子部3から炉内に吹き込む空気の送風量は、操業時に炉内に吹き込まれる全酸素量の60%以上の酸素割合となるように調節される。より詳しくは、炉の高さ方向において上段側に位置する炭化火格子部3、及び下段側に位置する羽口42から空気を吹き込む構成であるため、それぞれの空気によって炉内に供給される酸素量の和が全酸素量となる。そして、上段側に位置する炭化火格子部3からの酸素割合が全供給酸素量の60%以上となるように、炭化火格子部3の送風量を調節する。一方、溶融炉部4に供給される酸素割合は、全酸素量の40%未満となるように羽口42の送風量及び／又は酸素富化空気の酸素濃度を調節する。

[0034] 炭化火格子部3から炉内に吹き込む空気の送風量は上記の通りであるが、例えば第1及び第2回収室32a、32bに連結される送風管33a、33bの各々に流量調節弁34a、34bを設け、炉内状況に応じて供給炭化火格子3Aと乾留炭化火格子3Bの送風量を相対的に異なるように調節してもよく、流量調節弁を共通にして供給炭化火格子3Aと乾留炭化火格子3Bの送風量を一元管理するようにしてもよい。

[0035] 本実施形態においては、炭化火格子部3から炉内に供給する酸素割合を、炉内に供給する全酸素量の60%以上に設定可能な廃棄物ガス化溶融炉1を

具現化したことにより、シャフト部2及び炭化火格子部3において廃棄物自身の燃焼熱を利用した乾燥・熱分解を促進することができる。図3は、実際に行った試験結果を示す。プロット●は本実施形態の炭化火格子部3から供給する酸素割合（上部酸素割合（％））を示す。また、プロット▲は、比較として従来型シャフト式ガス化溶融炉の上段羽口から供給する酸素割合（上部酸素割合（％））を示す。図3に示す実際の試験結果からも明らかな通り、本実施形態によればコークス比（kg／t－廃棄物総量）（廃棄物処理量当たりのコークス使用量）を20以下に抑えることが可能である。コークス比（kg／t－廃棄物総量）をより確実に20以下に抑えるために全酸素量の70％以上に設定することも可能である。すなわち、従来のシャフト式溶融炉に比べて、炉全体のコークス消費量を格段に削減できている。

[0036] 炉内に吹き込む酸素量の割合は上記の通りである。更に好ましい例として、シャフト部2内で乾燥・熱分解され、更に炭化火格子部3で炭化された後の廃棄物に含まれる水分が10％以下であって、且つ、残存する固定炭素が3％以上となるように炭化火格子部3から炉内に吹き込む空気量を調節する。処理前の廃棄物に含まれる水分と固定炭素量は限定されないが、例えば水分が45％以上であって、固定炭素が10％以上である一般廃棄物を、水分が10％以下であって、且つ、残存する固定炭素が3％以上となるよう乾燥・熱分解・炭化するのに好適な空気量は、図4（a）に実際の試験結果を示すように、理論空気量に対する空気比が0.2～0.3である。廃棄物の種類によって水分や灰分の含有量が異なる場合があるので、空気比としては0.1～0.4の範囲内で調節するようにする。

[0037] すなわち、炭化後の廃棄物に含まれる水分が10％以下であって、且つ、残存する固定炭素が3％以上となる空気量を設定し、更にその設定された空気量に対応する供給酸素量が炉全体における全供給酸素量の60％以上となるように、羽口42の送風量及び／又は富化する酸素濃度が少なくなるように調節している。溶融炉部4に供給する廃棄物は十分に乾燥させることが望ましいが、一方で、乾燥・熱分解が進行し過ぎると固定炭素がガス化してし

まい、溶融に利用する廃棄物自身の燃焼熱が減ってしまう。そこで水分と残存固定炭素の好適なバランスに着目し、実際に試験を行って、溶融するのに好適な廃棄物の状態を見出した。これにより、炉底での燃焼負荷を低減して余分なコークス使用量を削減している。更に、図4（b）に実際の試験結果を示すように、炉底のスラグ温度を安定操業できる温度（すなわち、1450℃以上）にできることも確認している。

[0038] 更に、乾留炭化火格子3Bの供給速度（V2）が供給炭化火格子3Aの供給速度（V1）よりも大きくなるように設定すれば、高い乾留効率で廃棄物を乾留することができる。炭化火格子部3の乾留効率を高めようとした場合、乾留炭化火格子3B上に廃棄物を長く滞留させることが好ましいと考え、供給速度（V2）を供給速度（V1）よりも小さく設定するのが通常である。しかしながら、供給炭化火格子3Aの上方にシャフト部2が配置され、荷下がりによって廃棄物が供給される構成にあっては、図5に示すように、乾留炭化火格子3B上の廃棄物の層が厚くなり、表層の乾留不十分な廃棄物が溶融炉部4に供給されてしまう。一方、乾留炭化火格子3Bの供給速度（V2）を供給炭化火格子3Aの供給速度（V1）よりも大きく設定すれば、乾留炭化火格子3B上の廃棄物の層を薄くすることができ、炭化火格子上で十分に乾留することができる。このように滞留時間よりも層厚を重視したことにより、炭化火格子部3の乾留効率を向上させることができ、炉底での燃焼負荷をより確実に低減することが可能となる。更に好ましくは、図2に例示するように、シャフト部2の連通部5寄りの下端と、上部側開口部46の真上の乾留炭化火格子上面先端部を結ぶ線と水平線とのなす角（ α ）を50度以下にする。このように構成すれば、廃棄物の安息角によるシャフト部2からのなだれ込みが抑制でき、炭化火格子部3上の廃棄物の層が厚くなるのをより確実に抑制することが可能となる。

[0039] 前述したように、溶融炉部4に供給する炭化後の廃棄物は、水分と固定炭素のバランスを考慮して、水分が10%以下、固定炭素が3%以上であることが好ましい。このような炭化状態にするためには、供給炭化火格子3A及

び乾留炭化火格子3Bの炭化火格子燃焼率が $300\text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 500\text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ の範囲内であることが好ましい。炭化火格子燃焼率とは、単位時間及び単位面積あたりの廃棄物の処理量を意味する。供給炭化火格子3Aと乾留炭化火格子3Bの面積は、炭化火格子燃焼率が $300\text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 500\text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ の範囲内となるように設定する。また、廃棄物の乾燥及び熱分解状態に応じて可動火格子の駆動速度、各炭化火格子3A、3Bからの送風量及び送風温度等を制御し、炉の操業時における炭化火格子燃焼率を調整することもできる。

[0040] 炭化火格子燃焼率が $500\text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ を超えると、図6(a)に実際の試験結果を示すように、炭化後の廃棄物の水分が10%を超えてしまい、溶融炉部4において水分を蒸発させるための余分な燃焼負荷が発生する。一方、炭化火格子燃焼率が $300\text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ を下回ると、水分を殆ど蒸発させることができる反面、燃焼が進行することによって廃棄物の固定炭素がガス化し、溶融炉部4の炉底で燃焼熱を利用することができない。炭化火格子燃焼率を $300\text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 500\text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ の範囲内にすれば、溶融炉部4の燃焼負荷を低減できる上に、図6(b)に実際の試験結果を示すように、炉底のスラグ温度を安定操業できる温度（すなわち、 1450°C 以上）にできることも確認している。

[0041] 羽口42から炉内に供給する酸素割合は上記の通りであるが、より好ましくは、炭素系固形燃料中に含まれる固定炭素の理論燃焼酸素量(M1)を、羽口42から溶融炉部4内に吹き込む酸素富化空気の総酸素量(M2)で除した値を溶融炉燃料比(M1/M2)としたときに、溶融炉燃料比(M1/M2)が0.8~1.2の範囲内に維持されるようにする。溶融炉燃料比(M1/M2)は、0.8~1.2の範囲内に維持するのが好ましい。溶融炉燃料比(M1/M2)の調整は、例えば投入する炭素系固形燃料、羽口42からの送風量、及び酸素富化空気の酸素濃度の少なくとも一つ以上を変更することによって行うことができる。溶融炉燃料比(M1/M2)が0.8を下回ると、溶融炉部4から連通部5に酸素がリークし、リークした酸素と連

通部 5 内に存在する一酸化炭素とが反応して異常燃焼が発生する場合がある。更に、炉の内壁に酸化溶融クリンカが形成される場合がある。反対に溶融炉燃料比 ($M1/M2$) が 1.2 を上回ると、炉底において炭素系固形燃料を十分に燃焼できない場合がある。一方、溶融炉燃料比 ($M1/M2$) を 0.8 ~ 1.2 の範囲内に維持すれば、炭素系固形燃料の投入量及び羽口 42 の酸素供給量を必要最小限に止めることが可能である。更に、図 7 に実際の試験結果を示すように、炉底のスラグ温度を安定操業可能な 1450℃ 以上にすることができる。

[0042] 更に、操業時における溶融炉部 4 内の廃棄物の充填高さは、羽口 42 より上方向 +0.5 m ~ 炭化火格子部 3 の最下端部までの範囲内に維持することが好ましい。この範囲内に維持することによって、充填層 101 の層厚が薄くなることに起因する炉底からの酸素リークを抑制することができる。更に、充填し過ぎに起因する炭化火格子部 3 の熱分解効率低下や溶融炉部 4 内で充填物の棚吊り現象が発生するのを抑制することができる。更に、図 8 に実際の試験結果を示すように、炉底のスラグ温度を安定操業可能な 1450℃ 以上にすることができる（なお、図 8 の炉底レベルは、図 1 に示すように炭化火格子部 3 の最下端部の位置を炉底レベル 0 として示す）。

[0043] 溶融炉部 4 内の廃棄物の充填高さの制御は、例えば炭化火格子部 3 が溶融炉部 4 に廃棄物を供給する速度を調節することによって行う。例えば、溶融炉部 4 に充填層 101 の高さを検知するためのセンサー（不図示）を配置し、センサーが検知する充填層 101 の高さに基づいて炭化火格子部 3 の供給速度を制御することができる。或いは、例えばオペレーターが充填高さを監視し、監視結果に基づいて供給速度を制御してもよい。

[0044] 炉底からの酸素リークや充填層 101 に棚吊り現象が発生するのを抑制するために、溶融炉部 4 内の充填高さを適切に管理する手段としては、前述のように直接的に充填層 101 の高さを検知する以外にも、圧力計を用いて充填層 101 の圧力損失を検知し、圧力損失の程度に応じて炭化火格子部 3 の供給速度を制御するようにしてもよい。一例として図 9 に示すように、溶融

炉部4内の圧力を検知する圧力センサー（P1）を逆円錐台部45に配置し、例えば炭化火格子部3の上方空間の圧力を検知する圧力センサー（P2）を連通部5に配置する。そして、圧力センサー（P1）が検知する圧力と、圧力センサー（P2）が検知する圧力との差を炉底差圧とし、この炉底差圧が所定の範囲内、例えば0.4～2kPaの範囲内に維持されるように炭化火格子部3の供給速度を制御する。炉底差圧の設定値は、実際に操業することによって予め好適な充填高さに対応する炉底差圧の範囲を確認して決めるようにするのが好ましく、その範囲内に維持することにより、酸素リークや棚吊り現象を抑制することができ、更に図10に実際の試験結果を示すように炉底のスラグ温度を安定操業可能な1450℃以上にすることができる。

[0045] また、前述の差圧制御に代えて、或いは差圧制御と共に、温度計を用いて炭化火格子部3の温度を検知し、炭化火格子部3の温度に応じて炭化火格子部3の供給速度を制御するようにしてもよい。一例として図9に示すように、供給炭化火格子3Aと乾留炭化火格子3Bの境界付近の上方空間の温度を検知する温度センサー（T1）を連通部5内に配置する。そして、温度センサー（T1）が検知する温度が所定の温度範囲内、例えば650～800℃の範囲内に維持されるように炭化火格子部3の供給速度を制御する。温度センサー（T1）が検知する温度が設定範囲を超えた場合、充填レベルが低下して熔融炉部4からの熱量が増えたと判断して供給速度を速くする。反対に、温度センサー（T1）が検知する温度が設定範囲を下回った場合、充填し過ぎと判断して供給速度を遅くする。温度の設定値は、実際に操業することによって予め好適な充填高さに対応する温度範囲を確認して決めるようにするのが好ましく、その範囲内に維持することにより、酸素リークや棚吊り現象を抑制することができ、更に図11に実際の試験結果を示すように炉底のスラグ温度を安定操業可能な1450℃以上にすることができる。炉底差圧による制御と炭化火格子部3の温度による制御を併用するようにしてもよい。

[0046] 更に、例えば図9に例示するように、乾留炭化火格子3Bの先端付近の様

子を監視できるＩＴＶカメラを配置し、炉内の炎が確認できるように炭化火格子部３の供給速度を制御することもできる。すなわち、例えば炉底のスラグ温度を１４５０℃以上にできる適切な炎の状態を予め確認しておき、ＩＴＶカメラで撮影される炎が、適切な炎よりも弱い場合には充填し過ぎと判断して供給速度を遅くする。反対に適切な炎よりも激しい場合には、充填レベルが低下していると判断して供給速度を速くする。

[0047] 更に、例えば図９に例示するように、連通部５に炉内ガスのサンプリング孔を設け、サンプリングしたガスの一酸化炭素と酸素の濃度を測定し、一酸化炭素濃度が３％以上であって、且つ、酸素濃度が１％以下を維持するように炭化火格子部３の供給速度を制御するようにしてもよい。すなわち、酸素濃度が１％を上回った場合は充填レベルが低下していることに起因する酸素リークであると判断して供給速度を速くする。また、一酸化炭素濃度が３％を下回った場合は充填し過ぎによる乾留効率の低下であると判断して供給速度を遅くする。

[0048] 説明を図１に戻すと、廃棄物はシャフト上部の廃棄物装入口２１のみから装入する構成に限られず、例えば副資材装入口４１から装入するようにしてもよい。例えば、水分量が多い廃棄物は廃棄物装入口２１から装入して、シャフト部２及び炭化火格子部３において乾燥・熱分解してから熔融炉部４に供給するようにし、灰分量が多くて水分が少ない廃棄物は、副資材装入口４１から装入するようにしてシャフト部２及び炭化火格子部３における乾燥・熱分解の負荷を軽減するようにする。一例として、水分量が多い廃棄物としては汚泥等が挙げられ、灰分量が多い廃棄物としては焼却灰等が挙げられる。廃棄物の装入口は、廃棄物装入口２１及び副資材装入口４１以外の場所にも設けることができる。このように、廃棄物の性状に基づいて炉内に装入する位置を適宜変えるようにすれば、結果として炉全体の負荷を軽減することが可能となる。

[0049] 処理する廃棄物の種類は、特に限定されることはなく、一般廃棄物、産業廃棄物のいずれであってもよい。シュレッターダスト（ＡＳＲ）、掘り起こ

しごみ、焼却灰などの単体又は混合物、或いはこれらと可燃性ごみの混合物なども処理することが可能である。また、乾留された廃棄物やチャーを投入してもよい。

[0050] 以上、本発明を具体的な実施形態に則して詳細に説明したが、形式や細部についての種々の置換、変形、変更等が、特許請求の範囲の記載により規定されるような本発明の精神及び範囲から逸脱することなく行われることが可能であることは、当該技術分野における通常の知識を有する者には明らかである。従って、本発明の範囲は、前述の実施形態及び添付図面に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載及びこれと均等なものに基づいて定められるべきである。

符号の説明

- [0051]
- 1 廃棄物ガス化溶融炉
 - 2 シャフト部
 - 3 炭化火格子部
 - 3 A 供給炭化火格子
 - 3 B 乾留炭化火格子
 - 4 溶融炉部
 - 4 2 羽口
 - 5 連通部

請求の範囲

[請求項1]

上部側に廃棄物装入口及び炉内ガス排出口、底部側に廃棄物が排出される開口部を有し、内部に充填された廃棄物を乾燥及び熱分解させるシャフト部と、

前記シャフト部とは炉芯をずらして配置され、上部側に熱分解された廃棄物と炭素系固形燃料が供給される開口部、炉底側に燃焼用の酸素富化空気を吹き込む羽口を有する溶融炉部と、

前記シャフト部の底部側開口部と前記溶融炉部の上部側開口部とを連結する連通部と、を備えた廃棄物ガス化溶融炉において、

前記シャフト部に充填された廃棄物の荷重を受ける位置に配置された炭化火格子部と、乾燥・熱分解用の空気を前記炭化火格子部から前記シャフト部内に送風する送風装置と、前記炭化火格子部上にある熱分解された廃棄物を前記溶融炉部の上部側開口部に供給する供給装置と、を前記連通部に備え、

前記炭化火格子部は、上段側に配置される供給炭化火格子と、下段側に配置される乾留炭化火格子とを含み、

前記供給装置は、前記供給炭化火格子上の廃棄物を前記乾留炭化火格子に向けて供給する第1供給装置と、前記乾留炭化火格子上にある炭化した廃棄物を前記溶融炉部に向けて供給する第2供給装置を含み、

前記炭化火格子部での廃棄物自身の燃焼熱を利用した乾燥・熱分解を促進させるために、炉内に吹き込まれる全酸素量の60%以上を占めるように前記乾燥・熱分解用の空気を前記炭化火格子部から前記シャフト部内に送風し、炉内に吹き込まれる全酸素量の40%未満を前記溶融炉部の羽口から供給する酸素配分とし、さらに前記第2供給装置の供給速度（ V_2 ）を、前記第1供給装置の供給速度（ V_1 ）よりも大きく設定（ $V_2 > V_1$ ）したことを特徴とする廃棄物ガス化溶融炉。

- [請求項2] 前記送風装置は、前記炭化火格子部から前記溶融炉部に供給される廃棄物中の水分が10%以下であって、且つ、固定炭素の残存量が3%以上となるように、前記炭化火格子部から炉内に吹き込む空気量を調節することを特徴とする請求項1に記載の廃棄物ガス化溶融炉。
- [請求項3] 前記溶融炉部内の廃棄物充填高さを前記羽口より上方向+0.5m～前記炭化火格子部の最下端部までの範囲内に維持するように、前記供給装置の供給速度を制御することを特徴とする請求項1又は2に記載の廃棄物ガス化溶融炉。
- [請求項4] 前記溶融炉部内の圧力(P1)と前記炭化火格子部の上部空間の圧力(P2)との差圧を0.4kPa～2kPaの範囲内に維持するように、前記供給装置の供給速度を制御することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の廃棄物ガス化溶融炉。
- [請求項5] 前記炭化火格子部の温度を650℃～800℃の範囲内に維持するように、前記供給装置の供給速度を制御することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の廃棄物ガス化溶融炉。
- [請求項6] 前記炭素系固形燃料中に含まれる固定炭素の理論燃焼酸素量(M1)を、前記羽口から前記溶融炉内に吹き込む酸素富化空気の総酸素量(M2)で除した値を溶融炉燃料比(M1/M2)としたときに、
前記溶融炉燃料比(M1/M2)を0.8～1.2の範囲内に設定することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の廃棄物ガス化溶融炉。
- [請求項7] 廃棄物の種類又は性状に応じて炉内への装入位置を変更する少なくとも一つ以上の廃棄物装入口を、前記シャフト部の上部に配置した前記廃棄物装入口とは異なる位置に設けたことを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の廃棄物ガス化溶融炉。
- [請求項8] 前記炭化火格子部は、炭化火格子燃焼率が300kg/(m²・h)～500kg/(m²・h)の範囲内にあることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の廃棄物ガス化溶融炉。

[請求項9] 前記溶融炉部は、円筒形状であって、前記炭化火格子部からの廃棄物が供給される前記開口部から前記羽口までの間に絞り部をなす逆円錐台部が形成されており、前記逆円錐台部の傾斜角が75度より大きくなっていることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の廃棄物ガス化溶融炉。