

明 細 書

発明の名称： バイオコークス製造方法及び製造装置

技術分野

[0001] 本発明は、バイオマスを原料としたバイオコークスの製造技術に関し、特に石炭コークスの代替燃料として効果的に利用可能であるバイオコークスを製造するためのバイオコークス製造方法及び製造装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球温暖化の観点から CO_2 排出の削減が推進されている。特に、製鉄業界に於いて鑄造炉（キュウポラ炉）や高炉などでは、主たる燃料や還元剤に化石燃料である石炭コークスが用いられている。また、ボイラ発電等の燃焼設備においては、燃料として石炭や重油等の化石燃料が用いられることが多い。この化石燃料は、 CO_2 排出の問題から地球温暖化の原因となり、地球環境保全の見地からその使用が規制されつつある。また化石燃料の枯渇化の観点からもこれに代替するエネルギー資源の開発、実用化が求められている。

[0003] そこで、化石燃料の代替として、大気中の CO_2 量に影響を与えないバイオマスをを用いた燃料の利用促進が図られている。バイオマスとは、光合成に起因する有機物であって、木質類、草木類、農作物類、農作物に基づく厨芥類等のバイオマスがある。このバイオマスを燃料化処理することにより、バイオマスをエネルギー源又は工業原料として有効に利用し地球環境保全に貢献することができる。

バイオマスを燃料化する方法としては、バイオマスを乾燥させて燃料化する方法、加圧して燃料ペレット化する方法、炭化、乾留させて固体及び液体の燃料化する方法等が知られている。しかし、バイオマスを乾燥させるのみでは、空隙率が大きくみかけ比重が低くなるため、輸送や貯留が困難であり、長距離輸送や貯留して使用する燃料としては有効とはいえない。

[0004] 一方、バイオマスを燃料ペレット化する方法は、特許文献１（特公昭６１

ー 2 7 4 3 5 号公報) に開示されている。この方法は、細断された有機繊維材料の含水量を 1 6 ~ 2 8 % に調節し、これをダイス内で圧縮して乾燥し燃料ペレットを製造するようにしている。

また、バイオマスを乾留して燃料化する方法は、特許文献 2 (特開 2 0 0 3 - 2 0 6 4 9 0 号公報) 等を開示されている。この方法は、酸素欠乏雰囲気中において、バイオマスを 2 0 0 ~ 5 0 0 °C、好適には 2 5 0 ~ 4 0 0 °C で加熱して、バイオマス半炭化圧密燃料前駆体を製造する方法となっている。

[0005] しかしながら、特許文献 1 に記載される方法では、圧縮成形を行うことによりバイオマスを燃料化しているが、生成した燃料ペレットは水分量が多いため発熱量が低く、燃料としては適していない。

また、特許文献 2 等に記載されるように乾留によりバイオマスを燃料化する方法では、加工処理を施さないバイオマスに比べると燃料として価値が高いものとなっているが、やはり石炭コークスに比べてみかけ比重が低く、発熱量が低い。さらに、石炭コークスに比べて硬度が低いため、石炭コークスの代替として利用するには不十分である。

[0006] そこで、近年石炭コークスの代替として、特許文献 3 (特許第 4 0 8 8 9 3 3 号公報) に基づくバイオコークスが研究されている。

バイオコークスは、バイオマス原料を加圧、加熱した状態で一定時間保持した後に、加圧を維持した状態で冷却することにより製造される。加圧、加熱条件は、バイオマス細粒体中の主成分であるリグニン、セルロース及びヘミセルロースのうち、ヘミセルロースを熱分解させると共にセルロース及びリグニンの骨格を保持しつつ低温反応させて半炭化或いは半炭化前固形物を得る圧力範囲及び温度範囲に設定する。これにより以下の反応機構が成立し、高硬度で高圧密されたバイオコークスが製造できる。

[0007] その反応機構は、上記した条件で反応を行うことにより、バイオマス細粒体の繊維成分であるヘミセルロースが熱分解し接着効果を発現させ、バイオマス細粒体に含まれる自由水がこの加圧、加熱条件下での作用によりリグニ

ンがその骨格を維持したまま低温で反応し、圧密効果と相乗的に作用することによって、高硬度で高圧密されたバイオコークスが製造できるものである。熱硬化反応は、リグニン等に含まれるフェノール性の高分子間で反応活性点が誘発することにより進行する。

[0008] 図8に、バイオコークスの物性値を他の燃料と比較した表を示す。尚、この表は実験的に得られた数値を記載しているのみであり、本発明はこの数値に限定されるものではない。

この表に示されるように、バイオコークスは、みかけ比重1.2～1.52に高圧密され、最高圧縮強度20～200MPa、発熱量18～23MJ/kgの物性値を示す硬度、燃焼性ともに優れた性能を有しており、未加工の木質バイオマスが、みかけ比重約0.4～0.6、発熱量約17MJ/kg、最高圧縮強度約30MPaであるのと比べると、発熱量及び硬度の点において格段に優れていることが判る。また、石炭コークスの物性値である、みかけ比重約1.85、最高圧縮強度約15MPa、発熱量約29MJ/kgに比しても、バイオコークスは燃焼性、硬度とも遜色ない性能を有する。従って、バイオコークスは石炭コークスの代替として有効な燃料であるとともに、マテリアル素材としての利用価値も高い。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特公昭61-27435号公報

特許文献2：特開2003-206490号公報

特許文献3：特許第4088933号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、バイオコークスは未だ研究段階であり、特許文献3には加圧手段や加熱、冷却手段等の具体的な装置構成やその制御については開示されておらず、バイオコークスを短時間で且つ効率的に製造する技術について

は言及されていなかった。

そこで本発明は、バイオコークスを短時間で且つ効率的に製造することを可能としたバイオコークス製造方法及び装置を提案する。

課題を解決するための手段

[0011] 上記の課題を解決するために、本発明は、有底筒状の反応容器にバイオマス細粒体を充填し、該バイオマス細粒体を略密状態にて半炭化或いは半炭化前固形物を得る温度範囲及び圧力範囲で加熱しながら加圧成形した後、冷却してバイオコークスを製造するバイオコークス製造方法において、

前記反応容器にバイオマス細粒体を投入した後、前記反応容器の上部から加圧体を下降させ該加圧体により前記圧力範囲より低圧でバイオマス細粒体を充填時加圧する充填工程と、

前記加圧体の圧力を上昇させ前記圧力範囲にてバイオマス細粒体を加圧するとともに、加熱手段により前記バイオマス細粒体を前記温度範囲に加熱して所定時間保持した後、前記加熱手段から冷却手段に切り替えて前記反応容器内に生成された成形体を冷却する反応工程と、

前記加圧体の圧力を低下させた後前記反応容器の底部を開放し、前記冷却された成形体を排出する排出工程と、を備えることを特徴とする。

[0012] 本発明では、充填工程にて先ず加圧体を低圧で作動させバイオマス細粒体の充填時加圧を行い、次いで反応工程で加圧体の圧力を上昇させるとともにこれに連動させて加熱手段を作動させ、略密閉状態にて半炭化或いは半炭化前固形物を得る温度範囲及び圧力範囲で加熱しながら加圧してバイオマス細粒体を反応させ、所定時間保持した後に加圧手段は保持したまま加熱手段から冷却手段に切り替えて冷却を行い、バイオコークス成形体を製造するようにしている。このように、加圧体と加熱手段及び冷却手段を連動させて制御することにより、短時間で且つ効率的にバイオコークスを製造することが可能となる。また、バイオマスは細粒体状で反応容器に投入されるため嵩密度が低く、そのままの状態だと反応容器の容積を大きくしなければならないが、充填工程にて加圧体により低圧で充填時加圧を行うことで、より多くのバ

イオマス細粒体を投入することが可能となり、反応容器の小型化が可能となる。

- [0013] さらに、前記充填工程では、充填時加圧時に前記加圧体の圧力値と前記反応容器内のバイオマス細粒体の充填量とを検出し、これらの検出値がともに予め設定された充填時加圧設定範囲、充填量設定範囲になるまで前記バイオマス細粒体の投入と前記充填時加圧を繰り返し行うことを特徴とする。

これにより、反応容器にバイオマス細粒体を投入する際に予め計量する必要がなく、一定の大きさのバイオコックスを得ることが可能となり、延いては製品としての価値を向上させることができる。

- [0014] また、前記充填工程では、前記反応容器に投入されたバイオマス細粒体の上端位置を位置センサで検出するか、或いは前記加圧体が初期位置からバイオマス細粒体上端まで下降する下降時間を検出して充填量を推定することによりバイオマス細粒体の充填量を検出することを特徴とする。

これにより、簡単にバイオマス細粒体の充填量を検出することが可能となる。特に、位置センサを用いる場合は精度の高い検出が可能となり、下降時間を用いる場合は装置を安価にできる。

- [0015] また、前記充填工程にて前記加圧体の下降回数をカウンタにてカウントし、該充填工程の終了時に、正常動作状態で予測される下降回数よりも前記カウントされた下降回数が少ない場合は充填時加圧にて異常が発生したと判断することを特徴とする。

これは、加圧体の下降回数が正常動作状態で予測される下降回数よりも少ない場合には、例えば加圧体が反応容器の側部に引っかかるなどの不具合が生じ、適切に下降しなかつと考えられる。従って、加圧体の下降回数をカウントすることにより充填時加圧の異常を簡単に把握することが可能となる。

- [0016] さらに、前記加熱手段と前記冷却手段が、前記反応容器の外周に熱媒又は冷媒を通流させてバイオマス細粒体を加熱又は冷却する冷熱媒循環手段であり、

前記反応工程では、先に熱媒を循環させて所定時間保持した後、冷媒に切

り替えることを特徴とする。

このように、前記加熱手段と前記冷却手段として冷熱媒循環手段を用いることにより、バイオマス細粒体の加熱又は冷却を迅速に行え、また加熱から冷却への切替が円滑に行える。

[0017] さらにまた、前記排出工程では、前記加圧体を低圧下降して前記反応容器の開放した底面から成形体を押出し排出することを特徴とする。

このように、加圧体を用いて成形体を押出し排出することにより、反応容器内に圧密して形成された成形体を容易に排出可能となる。

[0018] また、バイオマス細粒体が充填される有底筒状の反応容器と、前記反応容器内のバイオマス細粒体を加圧する加圧体と、前記バイオマス細粒体を加熱する加熱手段と、前記バイオマス細粒体を略密状態にて前記加熱手段と前記加圧体により半炭化或いは半炭化前固形物を得る温度範囲及び圧力範囲で加熱しながら加圧成形して得られた成形体を冷却する冷却手段と、を備えたバイオコークス製造装置において、

前記加圧体の圧力制御、及び前記加熱手段と前記冷却手段の切り替え制御を行う制御装置を備え、

前記制御装置は、前記バイオマス細粒体に付与する加圧力を、前記圧力範囲より低圧で前記バイオマス細粒体を充填時加圧する第1の圧力段階と前記充填時加圧したバイオマス細粒体を前記圧力範囲で加圧する第2の圧力段階とに圧力制御するとともに、

前記加圧体の第2の圧力段階にて前記加熱手段を作動させ、所定時間経過後に前記加熱手段から前記冷却手段に切り替える制御を行なうことを特徴とする。

[0019] さらに、前記加圧体の圧力値を検出する圧力検出手段と、

前記反応容器内のバイオマス細粒体の充填量を検出する充填量検出手段と、を備え、

前記制御装置は、前記加圧体の第1の圧力段階にて、前記圧力検出手段の検出値と前記充填量検出手段の検出値がともに予め設定された充填時加圧設

定範囲、充填量設定範囲になるまで前記バイオマス細粒体の投入と前記充填時加圧を繰り返し行うように制御することを特徴とする。

[0020] また、前記充填量検出手段は、前記反応容器に投入されたバイオマス細粒体の上端位置を位置センサで検出する手段か、或いは前記加圧体が初期位置からバイオマス細粒体上端まで下降する下降時間を検出して充填量を推定する手段の何れかであることを特徴とする。

さらに、前記制御装置が前記加圧体の下降回数をカウントするカウンタを備え、該制御手段は、前記加圧体の圧力段階を切り替える際に、正常動作状態で予測される下降回数よりも前記カウントされた下降回数が少ない場合は充填時加圧にて異常が発生したと判断して前記加圧体を停止することを特徴とする。

さらにまた、前記加熱手段と前記冷却手段が、前記反応容器の外周に熱媒又は冷媒を通流させてバイオマス細粒体を加熱又は冷却する冷熱媒循環手段であることを特徴とする。

また、前記加熱手段と前記冷却手段が、前記反応容器の外周に熱媒又は冷媒を通流させてバイオマス細粒体を加熱又は冷却する冷熱媒循環手段であることを特徴とする。

発明の効果

[0021] 本発明は、充填工程にて先ず加圧体を低圧で作動させバイオマス細粒体の充填時加圧を行い、次いで反応工程で加圧体の圧力を上昇させるとともにこれに連動させて加熱手段を作動させ、略密閉状態にて半炭化或いは半炭化前固形物を得る温度範囲及び圧力範囲で加熱しながら加圧してバイオマス細粒体を反応させ、所定時間保持した後に加圧手段は保持したまま加熱手段から冷却手段に切り替えて冷却を行い、バイオコークス成形体を製造するようにしている。このように、加圧体と加熱手段及び冷却手段を連動させて制御することにより、短時間で且つ効率的にバイオコークスを製造することが可能となる。また、バイオマスは細粒体状で反応容器に投入されるため嵩密度が低く、そのままの状態だと反応容器の容積を大きくしなければならないが、

充填工程にて加圧体により低圧で充填時加圧を行うことで、より多くのバイオマス細粒体を投入することが可能となり、反応容器の小型化が可能となる。

- [0022] また、充填時加圧時に加圧手段の圧力値とバイオマス細粒体の充填量とを検出し、これらの検出値がともに予め設定された充填時加圧設定範囲、充填量設定範囲になるまで前記バイオマス細粒体の投入と前記充填時加圧を繰り返し行うことにより、反応容器にバイオマス細粒体を投入する際に予め計量する必要がなく、一定の大きさのバイオコークスを得ることが可能となり、延いては製品としての価値を向上させることができる。

また、バイオマス細粒体の充填量を検出する際に、バイオマス細粒体の上端位置を位置センサで検出するか、或いは加圧体の下降時間を検出して充填量を推定することにより、簡単にバイオマス細粒体の充填量を検出することが可能となる。

- [0023] さらに、前記加熱手段と前記冷却手段として冷熱媒循環手段を用いることにより、バイオマス細粒体の加熱又は冷却を迅速に行え、また加熱から冷却への切替が円滑に行える。

さらにまた、前記排出工程にて、加圧体を低圧下降して反応容器の開放した底面から成形体を押出し排出することにより、反応容器内に圧密して形成された成形体を容易に排出可能となる。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1]本発明の実施形態に係るバイオコークス製造装置の構成を示す断面図である。
- [図2]本発明の実施形態に係るバイオコークス製造方法を示すフローチャートである。
- [図3]本発明の実施形態に係るバイオコークス製造装置の充填工程における動作を説明する図である。
- [図4]本発明の実施形態に係るバイオコークス製造装置の反応工程における動作を説明する図である。

[図5]本発明の実施形態に係るバイオコークス製造装置の排出工程における動作を説明する図である。

[図6]本発明の実施形態に係る加圧用油圧機構の油圧回路図である。

[図7]本発明の実施形態に係る冷熱媒回路を備えたバイオコークス製造装置のシステム構成図である。

[図8]バイオコークスの物性値を比較する表である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明を図に示した実施形態を用いて詳細に説明する。但し、この実施形態に記載されている構成部品の種類、その相対配置などは特に特定の記載がない限り、この発明の範囲をそののみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

本実施形態において、バイオコークスの原料となるバイオマスは、光合成に起因する有機物であって、木質類、草木類、農作物類、厨芥類等のバイオマスであり、例えば、廃木材、間伐材、剪定枝、植物、農業廃棄物、コーヒー滓や茶滓等の厨芥廃棄物等が挙げられる。

[0026] 本実施形態では、必要に応じて所定の含水率になるように水分調整されたバイオマス細粒体を原料としている。バイオマス細粒体は、茶滓やコーヒー滓等のように小粒径のバイオマスをそのまま用いてもよいし、廃木材等の大粒径のバイオマスを予め所定粒径以下まで粉砕したものであってもよい。

本実施形態のバイオコークス装置は、バイオマス細粒体を略密状態にて半炭化或いは半炭化前固形物を得る温度範囲及び圧力範囲で加熱しながら加圧成形して一定時間保持した後に、加圧を維持した状態で冷却することによりバイオコークスを製造する。上記した温度範囲、圧力範囲は、バイオマス細粒体中の主成分であるリグニン、セルロース及びヘミセルロースのうち、ヘミセルロースを熱分解させると共にセルロース及びリグニンの骨格を保持しつつ低温反応させて半炭化或いは半炭化前固形物を得る圧力範囲及び温度範囲とする。即ち、前記バイオマス細粒体中のヘミセルロースが熱分解されるとともにリグニンが熱硬化反応を誘起する温度範囲及び圧力範囲である。

[0027] まず、図 1 を参照して、本実施形態のバイオコークス製造装置の基本構成を説明する。

図 1 に示すように、バイオコークス製造装置 1 はバイオマス細粒体 11 が投入される円筒形の反応容器 2 を有している。該反応容器 2 の上部にはバイオマス細粒体 11 を受け入れるホッパ部 3 が設けられ、下端には成型されたバイオコークスを排出する排出部 5 が設けられている。また、該反応容器 2 は、内容物を所定温度まで加熱する加熱手段と、加熱後に冷却する冷却手段とを備える。この加熱手段及び冷却手段は、同一の温度調整手段としてもよい。本実施形態では、温度調整手段として、反応容器 2 にジャケットを設けた二重管構造とし、内筒と外筒の間に冷熱媒通路 4 を設けた構成としている。冷熱媒通路 4 には、熱媒若しくは冷媒（以後、冷熱媒と称する）が通流し、該冷熱媒による伝熱によりシリンダ内筒に充填されたバイオマス細粒体 11 に熱エネルギーの授受を行うようになっている。冷熱媒通路 4 の下方側には冷熱媒入口 4 a が設けられ、上方側には冷熱媒出口 4 b が設けられている。これらの冷熱媒入口 4 a 及び冷熱媒出口 4 b は、後述する冷熱媒回路に接続されている（図 7 参照）。冷熱媒通路 4、冷熱媒入口 4 a、冷熱媒出口 4 b、冷熱媒回路を含み、冷熱媒の切り替えにより反応容器 2 の温度制御を行う機構を冷熱媒循環機構と称する。

[0028] 排出部 5 は反応容器 2 の径と同一径の開口からなり、その下方には該排出部 5 を開閉する排出装置が設けられている。該排出装置は、排出部 5 を封止する底面蓋部 9 と、該底面蓋部 9 を水平方向にスライドさせて排出部 5 の封止、開放を制御する排出用油圧機構 10 とから構成される。この排出装置は、反応容器 2 内にて反応工程が終了した後に、油圧機構 10 を駆動させ底面蓋部 9 をスライドさせて排出部 5 を開放し、シリンダ 2 内のバイオコークスを落下させて排出するようになっている。さらに、反応容器 2 の上方には、該シリンダ 2 内のバイオマス細粒体 11 を所定圧力まで加圧する加圧手段を備える。この加圧手段は、加圧シリンダ 7 により駆動されて反応容器 2 内を往復動する加圧ピストン（加圧体） 6 と、該加圧シリンダ 7 内の油圧を制御

する加圧用油圧機構 8 とからなる（図 6 参照）。加圧ピストン 6 及び加圧シリンダ 7 は、反応容器 2 と同軸上に配置される。加圧ピストン 6 は、反応容器 2 の底面付近まで下降する。該加圧ピストン 6 は、所定時間だけこの加圧状態を保持できる構成となっている。さらにまた、加圧ピストン 6 の上下方向の位置を加圧ピストン 6 の伸び量で検出する位置センサ 20 を設けていてもよい。

[0029] 加圧用油圧機構 8、排出用油圧機構 10 及び冷熱媒循環機構は、制御装置 100 により制御される。該制御装置 100 は、中央処理装置（CPU）、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）及び入出カインタフェース（I/O インタフェース）を備えたマイクロコンピュータで構成される。さらに、制御装置 100 は、加圧用油圧機構 8 の加圧ピストン 6 の充填回数等をカウントするカウンタ 101、所定の制御における継続時間を計測するタイマ 102 を備えている。

[0030] 図 6 に、加圧用油圧機構の油圧回路図の一例を示す。加圧シリンダ 7 に供給される作動油は、ポンプ 77 によりタンク 76 から汲み上げられ、電磁弁 78 により供給量を制御されて加圧シリンダ 7 に供給される。電磁弁 78 と加圧シリンダ 7 の間の油圧通路には逆止弁 71、72 が設けられており、この部分の作動油圧力が圧力検知センサ 75 によって背圧として検知され、この値が加圧ピストン 6 の圧力値として制御装置 100 に入力される。そして、制御装置 100 により、圧力検知センサ 75 にて検知された圧力値に基づいて電磁弁 78 を制御することにより加圧ピストン 6 の圧力が調整される。

加圧ピストン 6 の圧力段階は、バイオマス細粒体 11 を反応させて半炭化或いは半炭化前固形物を得る圧力範囲より低圧で、バイオマス細粒体 11 を充填時加圧する第 1 の圧力段階と、充填時加圧したバイオマス細粒体 11 を前記圧力範囲で加圧する第 2 の圧力段階と、の少なくとも 2 段階を有する。

[0031] 図 7 を参照して、冷熱媒循環機構が備える冷熱媒回路 30 の一例につき説明する。この冷熱媒回路 30 を用いることにより、熱効率が高く且つ安全性の高い温度調整手段とすることが可能であるが、もちろん他の構成の冷熱媒

回路を用いてもよい。この冷熱媒回路 30 では、冷媒及び熱媒にシリコンオイルを用いることが好ましい。

反応容器 2 の冷熱媒入口 4a と出口 4b は、同図に示される冷熱媒回路 30 に夫々接続されている。該冷熱媒回路 30 は、冷媒回路と熱媒回路とが組み合わされた構成となっている。冷熱媒出口 4b は、冷熱媒排出ライン 41 に接続され、該排出ライン 41 上の三方バルブ 45 を介して熱媒戻りライン 42 と、冷媒戻りライン 43 に分岐している。

熱媒戻りライン 42 は熱媒タンク 31 に接続されている。該熱媒タンク 31 は、加熱器 31a と、攪拌機 31b を具備しており、冷却された熱媒を昇温するようにしている。必要に応じて N_2 ポンプから N_2 ガスが供給されるようにし、タンク内を不活性雰囲気に保持して安全性を確保することが好ましい。熱媒タンク 31 の出口側は、三方バルブ 46 を介して冷熱媒供給ライン 40 に接続されている。

このような構成を用いて、反応容器 2 の加熱時には、三方バルブ 45、46 を制御することにより熱媒タンク 31 側に熱媒が循環するようにし、熱媒タンク 31、冷熱媒供給ライン 40、冷熱媒通路 4（反応容器 2）、冷熱媒排出ライン 41、熱媒戻りライン 42 からなる熱媒回路を形成する。

[0032] 冷媒戻りライン 43 は、冷熱媒熱交換器 36 に接続されている。該冷熱媒熱交換器 36 は、上水等の冷却水と冷媒とを熱交換し、冷媒を冷却する構成となっている。

さらに、好適には冷媒戻りライン 43 の冷熱媒熱交換器 36 より上流側に、冷媒タンク 35 を設ける。この冷媒タンク 35 は、少なくとも冷媒温度を水の沸点以下、好適には 80°C 以下まで冷却する能力を有するものとする。さらに、冷媒タンク 35 は、攪拌機 35a を具備することが好ましく、これにより冷媒タンク 35 出口の冷媒温度変化を軽減し冷却能力を向上させる。

このような構成を用いて、反応容器 2 の冷却時には、三方バルブ 45、46 を制御することにより冷媒タンク 35 側に切り替えて、該冷媒タンク 35 側に冷媒が循環するようにし、冷媒タンク 35、冷熱媒熱交換器 36、冷熱媒

供給ライン 40、冷熱媒通路 4（反応容器 2）、冷熱媒排出ライン 41、冷媒戻りライン 43 からなる冷媒回路を形成する。

このように、反応容器 2 内のバイオマス細粒体 11 の加熱手段、冷却手段として、冷熱媒回路 30 を備えた冷熱媒循環機構を用いることにより、バイオマス細粒体 11 の加熱又は冷却が迅速に行え、また加熱から冷却への切替を円滑に行うことが可能となる。

[0033] 次に、図 2 を参照して、本実施形態に係るバイオコークス製造方法のフローを説明する。

まず、充填工程において、制御装置 100 により充填操作を起動させる（S1）。これは、加圧用油圧機構 8 や排出用油圧機構 10 を含む各油圧機構、及び冷熱媒循環機構を起動させ（S2）、カウンタ 101 の充填回数をリセットする（S3）。即ち、充填回数を X （回）とすると、 $X_0 = 0$ に設定する。このとき、図 3（i）に示すように、加圧ピストン 6 は反応容器 2 上部の初期位置 H_0 に設定しておく。

そして、原料であるバイオマス細粒体 11 をホッパ部 3 より反応容器 2 内に投入する（S4）。バイオマス細粒体 11 を投入後、図 3（ii）に示すように、加圧用油圧機構 8 により加圧シリンダ 7 を低圧で下降側に駆動して加圧ピストン 6 を下降させる（S5）。低圧下降時の圧力は、後述する反応工程の圧力より低い第 1 の圧力段階 P_1 とする。この時、カウンタ 101 の充填回数を +1 増加させて、 $X_0 = X_0 + 1$ とする（S6）。低圧下降時に制御装置 100 では、加圧シリンダ 7 の油圧 P が予め設定された所定圧力 P_1 より大きいかな否かを監視する（S7）。加圧シリンダ 7 の油圧 P が所定圧力 P_1 以下の状態にて、タイマ 102 にて計測される加圧時間が予め設定された所定時間以上経過した場合は、S5 に戻り再度加圧シリンダ 7 を下降側に駆動する。好適には、充填時加圧を行う第 1 段階の圧力 P_1 は 14 MPa とし、所定時間は 10 秒とする。

[0034] 一方、加圧シリンダ 7 の油圧 P が所定圧力 P_1 より大きい状態で所定時間以上経過した場合は、次いで反応容器 2 内のバイオマス細粒体 11 の充填量を

検出する。これは、バイオコークスを目的とする大きさに成型するために行われる。

バイオマス細粒体 11 の充填量検出は以下のように行う。

位置センサ 20 により反応容器 2 内のバイオマス細粒体上端位置 H を検出する。そして、検出された上端位置 H が、予め設定された充填量設定値 H_1 以上であるか否か ($H \geq H_1$) を判断する。

[0035] また、バイオマス細粒体 11 の充填量検出の別の方法として、加圧ピストン 6 が初期位置 H_0 からバイオマス細粒体上端 H まで下降する下降時間 T をタイマ 102 により検出して充填量を推定するようにしてもよい。この場合、予め初期位置 H_0 から充填量設定値 H_1 までの加圧ピストン 6 の下降時間を取得しておき、これを指定時間 T_1 とする。そして検出された下降時間 T が指定時間 T_1 以下であるか否か ($T \leq T_1$) を判断する (S8)。

このように、位置センサ 20 又は加圧ピストン 6 の下降時間 T を用いることにより、簡単にバイオマス細粒体 11 の充填量を検出することが可能となる。特に、位置センサ 20 を用いる場合は精度の高い検出が可能となり、下降時間 T を用いる場合は装置を安価にできる。

[0036] 図 3 (ii) に示すように、反応容器 2 内の充填位置 H が充填目的位置 H_1 に到達していない場合 ($H < H_1$)、若しくは加圧シリンダ 7 の下降時間 T が指定時間 T_1 より長い場合 ($T > T_1$) は、充填量が不足していると判断し、加圧シリンダ 7 を上昇側に駆動し (S11)、加圧シリンダ 7 の油圧 P が所定圧力 P_1 より大きいか否かを判断し (S12)、大きい場合には S11 に戻りさらに加圧シリンダ 7 を上昇側に駆動し、小さい場合には図 3 (iii) に示すように再度バイオマス細粒体 11 を投入して (S4)、S4以降の加圧シリンダ 7 の充填工程を繰り返し行う。この操作は、図 3 (iv) に示すように、加圧シリンダ 7 の油圧 P が所定圧力 P_1 より大きく、且つバイオマス細粒体 11 の充填量が予め設定された充填量設定値 H_1 以上となったら終了する。

上記したように充填工程を行うことにより、反応容器 2 にバイオマス細粒体 11 を投入する際に予め計量する必要がなく、一定の大きさのバイオコー

クスを得ることが可能となる。また、バイオマスは細粒体状で反応容器 2 に投入されるため嵩密度が低く、そのままの状態だと反応容器 2 の容積を大きくしなければならないが、充填工程にて加圧ピストン 6 により低圧で充填時加圧を行うことで、より多くのバイオマス細粒体 11 を投入することが可能となり、反応容器 2 の小型化が可能となる。

[0037] S 8 にて反応容器 2 内のバイオマス細粒体 11 が目的とする充填量に達していると検出された場合には、カウンタ 101 にてカウントされる充填回数 X_0 が所定の充填回数 X_a 未満であるか否かを判断し (S 9)、充填回数 X_0 が所定の充填回数 X_a 未満である場合には、加圧ピストン 6 が反応容器 2 の入口付近に引っかかるなどの異常が発生した事により加圧ピストン 6 が適切に下降しなかったものと推測し、装置を停止する (S 10)。充填回数 X_0 が所定の充填回数 X_a 以上である場合には、反応工程に移行する。このように、カウンタ 101 にて充填回数 X_0 をカウントすることにより、充填時加圧における異常を簡単に且つリアルタイムで把握することが可能となる。

[0038] 反応工程では、図 4 に示すように、加圧シリンダ 7 を高圧にて下降側に駆動して加圧ピストン 6 を下降させ (S 13)、バイオマス細粒体 11 を反応させるために必要とされる所定の圧力範囲 P_2 (第 2 の圧力段階) で該バイオマス細粒体 11 を加圧する。また、熱媒を反応容器 2 の冷熱媒通路 4 に循環させ所定の温度範囲でバイオマス細粒体 11 を加熱する (S 14)。所定の圧力範囲 P_2 は、上記したようにバイオマス細粒体中のヘミセルロース、リグニンの熱分解又は熱硬化反応を誘起する圧力範囲及び温度範囲とする。好適には、圧力範囲 P_2 を 8 ~ 25 MPa、温度範囲を 115 ~ 230 °C とする。反応容器 2 内のバイオマス細粒体 11 は、上記した加圧、加熱状態を一定時間保持する。例えば、シリンダ径が 50 mm の場合、保持時間は 10 ~ 20 分間で、150 mm の場合は 30 ~ 60 分間とする。タイマ 102 にて熱媒循環時間が終了したか否かを判断し (S 15)、終了したら冷熱媒循環機構を熱媒から冷媒に切り替えて、冷熱媒通路 4 への冷媒循環を開始する (S 16)。同様にタイマ 102 にて冷媒循環時間が終了したか否かを判断し (S

17)、終了したら冷媒循環を停止し、排出工程に移行する。

[0039] 排出工程では、図5(i)に示すように、加圧シリンダ7の高圧を抜き(S18)排出用油圧機構10を駆動して底面蓋部9をスライドして排出部5を開放する(S19)。次いで、図5(ii)に示すように加圧シリンダ7を低圧で下降側に駆動させ、反応容器2内に製造されたバイオコークス19を加圧ピストン6により押出し排出する(S20)。これにより、反応容器2内に圧密して形成されたバイオコークス19を容易に排出可能となる。

このとき、位置センサ20により検出される加圧ピストン6の位置が下降端位置まで到達したか否かを判断し(S21)、到達した場合には加圧シリンダ7を低圧で上昇側に駆動させ加圧ピストン6を上昇させる(S22)とともに底面蓋部9を閉鎖し(S23)、加圧ピストン6を上昇端まで移動させる(S24)。そして、制御装置100に通常運転停止命令が入力された場合には(S25)、運転を終了する(S26)。停止命令が入力されていない場合には(S25)、S3まで戻り、充填回数をリセットした後、原料投入(S4)移行のステップを繰り返し行う。

[0040] 上記したように本実施形態では、充填工程にて、先ず加圧ピストン6を低圧の第1の圧力段階で作動させてバイオマス細粒体11の充填時加圧を行い、次いで反応工程で加圧ピストン6の圧力を上昇させるとともにこれに連動させて冷熱媒通路4に熱媒を通流させ、反応容器2内でバイオマス細粒体11を略密閉状態にて半炭化或いは半炭化前固形物を得る温度範囲及び圧力範囲(第2の圧力段階)で加圧しながら加熱し、所定時間保持した後に、加圧状態は保持したまま冷熱媒通路4を熱媒から冷媒に切り替えて冷却を行い、バイオコークス成形体19を製造するようにしている。このように、制御装置100により加圧用油圧機構8、排出用油圧機構10及び冷熱媒循環機構を連動させて制御することにより、短時間で且つ効率的にバイオコークスを製造することが可能となる。

産業上の利用可能性

[0041] 本実施形態に係るバイオコークス製造装置を用いることにより、石炭コー

クスの代替として利用可能な高硬度で高密度のバイオコークスを効率的に製造することが可能となる。また、本実施形態にて製造されたバイオコークスは、鑄物製造或いは製鉄において、キュポラ炉、高炉等における熱源・還元剤等として利用可能であり、また発電用ボイラー燃料、消石灰等の焼成燃料等の燃料需要にも利用可能であり、更に高い圧縮強度等の特性を活かして、マテリアル素材としての使用も可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 有底筒状の反応容器にバイオマス細粒体を充填し、該バイオマス細粒体を略密状態にて半炭化或いは半炭化前固形物を得る温度範囲及び圧力範囲で加熱しながら加圧成形した後、冷却してバイオコークスを製造するバイオコークス製造方法において、
- 前記反応容器にバイオマス細粒体を投入した後、前記反応容器の上部から加圧体を下降させ該加圧体により前記圧力範囲より低圧でバイオマス細粒体を充填時加圧する充填工程と、
- 前記加圧体の圧力を上昇させ前記圧力範囲にてバイオマス細粒体を加圧するとともに、加熱手段により前記バイオマス細粒体を前記温度範囲に加熱して所定時間保持した後、前記加熱手段から冷却手段に切り替えて前記反応容器内に生成された成形体を冷却する反応工程と、
- 前記加圧体の圧力を低下させた後前記反応容器の底部を開放し、前記冷却された成形体を排出する排出工程と、を備えることを特徴とするバイオコークス製造方法。
- [請求項2] 前記充填工程では、充填時加圧時に前記加圧体の圧力値と前記反応容器内のバイオマス細粒体の充填量とを検出し、これらの検出値がともに予め設定された充填時加圧設定範囲、充填量設定範囲になるまで前記バイオマス細粒体の投入と前記充填時加圧を繰り返す行うことを特徴とする請求項1記載のバイオコークス製造方法。
- [請求項3] 前記充填工程では、前記反応容器に投入されたバイオマス細粒体の上端位置を位置センサで検出するか、或いは前記加圧体が初期位置からバイオマス細粒体上端まで下降する下降時間を検出して充填量を推定することによりバイオマス細粒体の充填量を検出することを特徴とする請求項2記載のバイオコークス製造方法。
- [請求項4] 前記充填工程にて前記加圧体の下降回数をカウンタにてカウントし、該充填工程の終了時に、正常動作状態で予測される下降回数よりも前記カウントされた下降回数が少ない場合は充填時加圧にて異常が発

生したと判断することを特徴とする請求項 1 若しくは 2 記載のバイオコークス製造方法。

[請求項5] 前記加熱手段と前記冷却手段が、前記反応容器の外周に熱媒又は冷媒を通流させてバイオマス細粒体を加熱又は冷却する冷熱媒循環手段であり、

前記反応工程では、先に熱媒を循環させて所定時間保持した後、冷媒に切り替えることを特徴とする請求項 1 記載のバイオコークス製造方法。

[請求項6] 前記排出工程では、前記加圧体を低圧下降して前記反応容器の開放した底面から成形体を押出し排出することを特徴とする請求項 1 記載のバイオコークス製造方法。

[請求項7] バイオマス細粒体が充填される有底筒状の反応容器と、前記反応容器内のバイオマス細粒体を加圧する加圧体と、前記バイオマス細粒体を加熱する加熱手段と、前記バイオマス細粒体を略密状態にて前記加熱手段と前記加圧体により半炭化或いは半炭化前固形物を得る温度範囲及び圧力範囲で加熱しながら加圧成形して得られた成形体を冷却する冷却手段と、を備えたバイオコークス製造装置において、

前記加圧体の圧力制御、及び前記加熱手段と前記冷却手段の切り替え制御を行う制御装置を備え、

前記制御装置は、前記バイオマス細粒体に付与する加圧力を、前記圧力範囲より低圧で前記バイオマス細粒体を充填時加圧する第 1 の圧力段階と前記充填時加圧したバイオマス細粒体を前記圧力範囲で加圧する第 2 の圧力段階とに圧力制御するとともに、

前記加圧体の第 2 の圧力段階にて前記加熱手段を作動させ、所定時間経過後に前記加熱手段から前記冷却手段に切り替える制御を行なうことを特徴とするバイオコークス製造装置。

[請求項8] 前記加圧体の圧力値を検出する圧力検出手段と、

前記反応容器内のバイオマス細粒体の充填量を検出する充填量検出

手段と、を備え、

前記制御装置は、前記加圧体の第 1 の圧力段階にて、前記圧力検出手段の検出値と前記充填量検出手段の検出値がともに予め設定された充填時加圧設定範囲、充填量設定範囲になるまで前記バイオマス細粒体の投入と前記充填時加圧を繰り返し行うように制御することを特徴とする請求項 7 記載のバイオコークス製造装置。

[請求項 9]

前記充填量検出手段は、前記反応容器に投入されたバイオマス細粒体の上端位置を位置センサで検出する手段か、或いは前記加圧体が初期位置からバイオマス細粒体上端まで下降する下降時間を検出して充填量を推定する手段の何れかであることを特徴とする請求項 8 記載のバイオコークス製造装置。

[請求項 10]

前記制御装置が前記加圧体の下降回数をカウントするカウンタを備え、該制御手段は、前記加圧体の圧力段階を切り替える際に、正常動作状態で予測される下降回数よりも前記カウントされた下降回数が少ない場合は充填時加圧にて異常が発生したと判断して前記加圧体を停止することを特徴とする請求項 7 若しくは 8 記載のバイオコークス製造装置。

[請求項 11]

前記加熱手段と前記冷却手段が、前記反応容器の外周に熱媒又は冷媒を通流させてバイオマス細粒体を加熱又は冷却する冷熱媒循環手段であることを特徴とする請求項 7 記載のバイオコークス製造装置。