

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4980098号  
(P4980098)

(45) 発行日 平成24年7月18日 (2012. 7. 18)

(24) 登録日 平成24年4月27日 (2012. 4. 27)

(51) Int. Cl.

F I

C 1 O B 33/10 (2006. 01)

C 1 O B 33/10

C 1 O B 41/02 (2006. 01)

C 1 O B 41/02

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-49601 (P2007-49601)	(73) 特許権者	000006655
(22) 出願日	平成19年2月28日 (2007. 2. 28)		新日本製鐵株式会社
(65) 公開番号	特開2008-214379 (P2008-214379A)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(43) 公開日	平成20年9月18日 (2008. 9. 18)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成21年2月16日 (2009. 2. 16)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100077517
			弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100140121
			弁理士 中村 朝幸
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 室式コークス炉の操業方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

室式コークス炉の炭化室から押出し機でコークスを排出する際に必要な押出力を、石炭乾留時に発生する当該炭化室の炉壁とコークス間の隙間量を用いて推定し、この推定した押出し力に基づいてコークスの押出しを行う室式コークス炉の操業方法において、

石炭乾留中に発生する当該炭化室の炉壁の変位量を、炉壁煉瓦の縦亀裂幅と石炭の膨張圧から推定し、前記隙間量を、石炭乾留による焼減り量から前記推定した炉壁の変位量を減算して求めることを特徴とする、室式コークス炉の操業方法。

【請求項 2】

前記炉壁煉瓦の縦亀裂幅を、当該炭化室の炉長方向の炉体の膨張量と縦亀裂の本数とから求めることを特徴とする、請求項 1 に記載の室式コークス炉の操業方法。

【請求項 3】

前記炉壁の変位量を推定するための石炭の膨張圧として、当該炭化室とその両隣にある炭化室の膨張圧を用いることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の室式コークス炉の操業方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、炭化室で石炭を乾留して得られるコークスを、炭化室から適切な負荷で排出し、コークス炉の安定操業を可能とする方法に関する。

10

20

## 【背景技術】

## 【0002】

石炭乾留後のコークスを低負荷で押し出すことは、操業を安定化して製鉄量が確保できるだけでなく、炭化室の炉壁に対する負荷を低減して炉体寿命を長くする観点から非常に重要である。炭化室からコークスを排出する際の抵抗は、コークスと炉底面、あるいは、コークスと炉壁面の摩擦によって生じる反力が原因である。この反力を低下するために、一般的に、炉壁面や炉底面の平滑化、あるいは、炉壁とコークス間の隙間量（以下、クリアランスとも記載する）を大きくする等の対策が有効とされている。ここで、クリアランスはコークスの水平焼減り量に依存しており、水平焼減り量は石炭性状（揮発分など）やコークス炉の操業条件（炉温や置時間など）に依存している。

10

## 【0003】

上述のクリアランスに着目してコークス炉の操業を安定化する方法が数多く提案されている。

例えば、特許文献1では、水平焼減り量とコークスケーキ必要押し出し圧力との関係から、コークスケーキ必要押し出し圧力の管理値に対応する水平焼減り量を算出し、予め試験炉により乾留時間と水平焼減り量との関係を求めることにより、室式コークス炉において、水平焼減り量が管理値となる乾留時間を下限値として設定する方法が述べられている。

また、特許文献2では、炉壁損傷が発生していない場合に、炉壁表面温度、石炭性状、コークス炉稼働率、窯補修経過日数、およびコークス炉への装炭量をパラメーターとし、これらの線形一次結合によって押し出し力を推定し、この推定した押し出し力と実測した押し出し力との差に基づいて炉壁の損傷状況を推定する方法が述べられている。

20

## 【0004】

また、特許文献3では、配合炭の膨張圧、含有水分、乾留コークスの置時間、コークス炉の炉温などの条件から押し出し負荷を推定し、この推定した押し出し負荷推定値が予め設定した押し出し負荷管理値の範囲内となるように、上記の条件を調整する操業方法が提案されている。

また、特許文献4では、炭化室毎に作成された操業データ、配合炭データ、コークスデータ、補修データ、及び損傷データからなるデータベースの数値を統計処理し、多重変数として重回帰分析し、コークス押し出し力を炭化室毎に計算する方法が開示されており、この計算によって得られた押し出し力に基づいて、炉壁煉瓦が破孔する可能性を予測する炉体の診断システムが提案されている。

30

## 【0005】

また、特許文献5では、石炭性状と炉の操業条件から推算した炉壁カーボン量と炉頂空間カーボン量から求めたカーボン抵抗指数を定義し、このカーボン抵抗指数と押し出し機のラム駆動モーターにかかる負荷との対応関係から、押し出し時に掛かる負荷を推定し、石炭性状あるいは操業条件を調整することによって負荷を低減し、押し詰まりを防止する方法が開示されている。

また、特許文献6では、コークス炉の操業条件情報、石炭の性状情報、及び炉体プロフィール情報を基にしてコークス押し出し時の負荷波形を計算で求める一方、押し出し時に実測された負荷波形との比較により、コークス炉の操業条件を解析する方法が開示されている。

40

## 【0006】

また、特許文献7では、試験コークス炉で製造したコークスの炉幅方向の透過放射線像を撮影し、この透過放射線像から求まるコークスケーキの収縮量と亀裂量に基づいてコークスケーキの押し出し性を推定する方法が開示されている。

また、特許文献8では、コークスケーキの幅方向膨張性指数とコークスケーキ側面と炉壁内面との間隙量を用いて押し出し力を推定し、この推定した押し出し力が許容限界値以下となるように石炭性状、石炭配合率、炉の操業条件を調整するコークス炉の操業方法が開示されている。

50

また、特許文献 9 では、炭化室内のコークスの押出し可否を判断するステップと、押し出し可能と判断された場合のコークス押出し力を推定する押出し力推定ステップと、推定された押出し力に基づいて押出しを指示する押出し指示ステップを有するコークス炉の操業プログラムが提案されており、上記押出し力を、該炭化室における至近の押出力の値、石炭装入後の経過時間、炉団平均押出力、装入石炭量、燃烧室温度などデータを重回帰分析することにより推定する方法が開示されている。

#### 【0007】

また、これらの技術に関連し、コークスの収縮率、すなわち水平焼減り、を求める方法として、特許文献 10 には、容器に収容した石炭を再固化温度以上の温度  $T$  ( ) まで加熱し、再固化温度と温度  $T$  における容積差又は長さの差に基づいてコークス収縮率を求める方法が、或いは、特許文献 11 には、単味炭のビトリニット組織の反射率分布と配合率とから、配合炭のビトリニット組織の反射率分布を推定し、配合炭のコークス収縮率を推定する方法が、或いは、特許文献 12 には、配合炭を両面加熱式試験コークス炉にて乾留し、焼減り量の経時変化を測定する方法が提案されている。

また、石炭膨張圧を推定する方法として、特許文献 13 には、軟化熔融状態にある石炭層のガス透過係数を測定し、或いは、石炭性状、或いは乾留条件から推定する方法に基づいてガス透過係数を推算し、このガス透過係数、軟化熔融状態の石炭層の炉幅方向厚み、及び軟化熔融層からの熱分解ガスの発生速度を用いて石炭膨張圧の経時変化を推定する方法が、また、特許文献 14、15 には、配合炭を構成する各石炭の最大膨張圧の加平均値、非微粘結炭の配合率などから配合炭の膨張圧を算出する方法が提案されている。

#### 【0008】

【特許文献 1】特開平 8 - 283730 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 131069 号公報

【特許文献 3】特開 2000 - 73067 号公報

【特許文献 4】特開 2002 - 121556 号公報

【特許文献 5】特開 2002 - 173687 号公報

【特許文献 6】特開 2003 - 277759 号公報

【特許文献 7】特開 2005 - 68296 号公報

【特許文献 8】特開 2005 - 350610 号公報

【特許文献 9】特開 2005 - 307168 号公報

【特許文献 10】特開 2005 - 232349 号公報

【特許文献 11】特開 2006 - 249174 号公報

【特許文献 12】特許第 3254004 号

【特許文献 13】特許第 3142637 号

【特許文献 14】特開平 11 - 302661 号公報

【特許文献 15】特開 2001 - 214171 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

上述の方法においては、コークス炉からのコークスの押出し力を推定するに際して、石炭の性状やコークス炉の操業条件、炉壁の損傷状態などを考慮しており、いずれの場合においてもコークス炉を管理する上で重要な情報を用いており、精度の高い推定値が得られると考えられる。

しかしながら、出願人が先に出願した特願平 2006 - 297274 号において記載しているように、コークス炉の炭化室の炉壁が時間とともに炉幅方向に変位する。このことは、コークスの押出し力を推定する際に、この壁の変位を考慮することが必要であることを示唆しているものである。しかしながら、上記出願では、この壁の変位を押出し力の推定においてどのように考慮すべきであるかについては開示されていない。

上述のように室式コークス炉からのコークスの押出し力の低減には、炉壁とコークス間のクリアランス（隙間量）を大きくすることが有効とされているが、このクリアランスを

推定するためには、乾留生成ガスの熱分解で炉壁煉瓦の表面に生成するカーボンの厚み量に加えて、石炭の熔融軟化に伴う膨張圧やコークスの収縮に伴う水平焼減りによる炉壁の変位量を考慮しなければならない。

しかしながら、従来、石炭膨張圧やコークス収縮量、カーボン厚み量を取り入れた推定式は提案されていたが、炉壁の変位量が適切に考慮されたものではなく、実際のコークス炉では炉壁が変位するため、炉壁とコークス間の隙間量を精度良く推定することはできなかった。

本発明は、炉壁の変位量を適切に考慮することによって、炉壁とコークス間の隙間量を精度良く求める方法を提供し、これに基づいて必要な押出し力を推定し、適正な押出し力でコークスの押出しを行うことを可能とするものである。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者らは、石炭乾留中に発生する石炭膨張圧による炉壁の変位を実際のコークス炉で測定し、この炉壁の変位量を考慮して求めた炉壁とコークス間の隙間量と押出し力とが良好な対応関係を示すことを見出し、本発明を完成するに至ったものである。

すなわち、本発明の要旨とするところは以下の通りである。

(1) 室式コークス炉の炭化室から押出し機でコークスを排出する際に必要な押出力を、石炭乾留時に発生する当該炭化室の炉壁とコークス間の隙間量を用いて推定し、この推定した押出し力に基づいてコークスの押出しを行う室式コークス炉の操作方法において、

石炭乾留中に発生する当該炭化室の炉壁の変位量を、炉壁煉瓦の縦亀裂幅と石炭の膨張圧から推定し、前記隙間量を、石炭乾留による焼減り量から前記推定した炉壁の変位量を減算して求めることを特徴とする、室式コークス炉の操作方法。

20

(2) 前記炉壁煉瓦の縦亀裂幅を、当該炭化室の炉長方向の炉体の膨張量と縦亀裂の本数とから求めることを特徴とする(1)に記載の室式コークス炉の操作方法。

(3) 前記炉壁の変位量を推定するための石炭膨張圧として、当該炭化室とその両隣にある炭化室の石炭膨張圧を用いることを特徴とする(1)または(2)に記載の室式コークス炉の操作方法。

【発明の効果】

【0011】

本発明により、コークス炉の炭化室に装入する石炭(以下、装入炭とも記載する)の配合条件とコークス炉の操業条件及び、炉体の稼働年数などを考慮し、炉壁の変位量を考慮して求めた炉壁とコークス間のクリアランスを用いてコークスの押出し力を簡便かつ精度良く推定することが可能となり、適正な押出し力によりコークスを押し出すことができ、効率的なコークス炉操業が可能となった。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

コークス炉の炉壁の変位を考慮して押出し力を推定するに当たり、炉壁の変位の実態を試験により調査した。発明者らは、炭化室(以下、当該炭化室、当該窯または自窯とも記載する)に石炭を装入すると共に、隣接する炭化室(以下、隣接窯とも記載する)を空室とし、これに後述する炉壁の変位測定装置を配置して、石炭を装入した炭化室の石炭を加熱乾留すると共に、この炭化室の炉壁の変位を、隣接する炭化室の炉壁の変位によって測定した。この隣接窯は空室としているので、測定すべき当該窯の炉壁の変位量は、隣接窯の炉壁の変位量と同等と見なすことができる。なお、当該窯の石炭層中に炉蓋よりガス圧測定装置(炭化室の石炭層内に挿入する金属製の細管、圧力指示計、これらを連結する細管および、記録装置により構成される)および温度測定装置(熱電対)を挿入し、石炭膨張圧として装入炭の軟化熔融層内のガス圧を測定し、また、炭化室の装入炭層の温度を測定した。

40

【0013】

ここで、炉壁の変位測定装置について説明する。図8は、変位測定装置を炭化室内に配置した状況を示すコークス炉の炉幅方向の断面概略図である。

50

炭化室 1 a , 1 b が、燃焼室 2 を挟んで炉幅方向の両側に、炉壁 3 で区画されて設けられており、燃焼室 2 のガスポート 4 から供給された燃料ガスの燃焼により炉壁を介して炭化室 1 a に装入された石炭 5 が乾留され、コークスケーキ 6 が形成される。炭化室 1 b には石炭が装入されておらず空室であり、これに炉壁の変位測定装置 7 が配置される。

炉壁の変位測定装置 7 は、コークス炉の炭化室 1 b の炉頂部に装入口 8 を覆うように配置された支持板 9 と、この支持板 9 の開口部 10 から炉内に挿入され、炉壁 3 の表面に向かって屈曲した形状の下端部を有する水冷式の金属製プローブ 11 と、この金属製プローブ 11 の下端部が炉壁 3 に接触した状態で炉幅方向に揺動可能となるように金属製プローブ 11 の上端部を懸垂支持し、且つ支持板 9 上に固定するためのプローブ支持部 12 と、プローブの傾動量を測定する傾動量検出器 13 を有する。プローブ支持部 12 は、金属製プローブ 11 の上端部に固定され、他端に炉幅方向にナイフエッジを有する保持金具（図示せず）と、支持板 9 に固定され、この保持金具のナイフエッジを炉幅方向に線接触で支持する V 字溝を有する揺動軸受け（図示せず）とからなり、金属製プローブをピボット支持する。プローブ傾動量検出器 13 は金属製プローブ 11 の上端部に固定されたレーザー発振器 14 とこのレーザー発振器 14 から炉幅方向に離隔して炉頂部に設けられた受光板 15 とから構成された非接触型の検出器となっている。

#### 【 0 0 1 4 】

水冷式の金属製プローブ 11 を装入口 8 から炉内に挿入し、その下端部を変位を測定する炉壁面 3 に接触させる。このプローブが炉壁の変位に追従して炉幅方向に傾動すると、プローブ傾動量検出器により、すなわちレーザー発振器の傾動によるレーザー光 17 の受光板上での光点の位置変化を読みとることにより、これらの光学系における幾何的な関係から、金属製プローブの傾斜角を求め、炉壁の変位量を求めることができる（特願平 2 0 0 6 - 2 9 7 2 7 4 号参照）。

#### 【 0 0 1 5 】

上記調査の測定結果として、図 7 の（ a ）に当該窯の炉壁変位（上述のように隣接窯で測定）と、図 7 の（ b ）に当該窯（炭化室）の炉幅方向中央部で測定した石炭膨張圧及び石炭膨張圧の測定と同じ位置で測定した石炭層の温度（以下、炭中温度とも記載する）の変化を石炭装入後の経過時間に対して示す。図 7 の（ a ）から判るように、石炭装入直後に炉壁が大きく膨張側（隣接窯の方向）に変位しているが、時間の経過と共に小さくなり、ほぼ元の状態に復元していることが判る。

すなわち、石炭装入直後に炉壁が膨張側に変位しているが、これは石炭の粉体圧や炉壁煉瓦表面の急激な温度低下に伴う炉壁の一時的な膨張によるものと考えられる。また、炭中温度が 4 0 0 未満の状態ではガス圧に顕著な変化は認められないが、装入後 8 ~ 1 0 時間を経過し、炭中温度が 4 0 0 ~ 5 0 0 となる時点で、炉幅方向中央部における石炭膨張圧が急激に増大し、これに伴って、炉壁が膨張側に大きく変位している。その後石炭膨張圧は減少しているが、これに同調して炉壁の変位も減少し、ほぼ元の位置に近い状態に戻っている。この炉壁の大きな変位は、石炭が軟化溶解している間に発生したガスによる圧力（石炭膨張圧）によるものと考えられる。炉壁とコークス間のクリアランスは数 mm 程度であることを考慮すると、炭化室への石炭装入直後の炉壁変位量、及び石炭膨張圧による炉壁変位量は、決して無視できない量であることがわかる。

#### 【 0 0 1 6 】

発明者らは、前述した石炭膨張圧による炉壁の変位がコークス押出し力の推定に当たって重要な因子となるクリアランスの形成に大きく影響することに想到し、炉壁の変位を反映させたクリアランス形成モデルを想定した。図 1 は、石炭乾留過程における炉壁とコークスの挙動を説明する模式図であり、炉壁の変位を考慮したクリアランス形成を説明するものである。

なお、図 1 には、炉壁の変位を考慮しない従来の場合についても併せて示している。以下、このモデルについて説明する。

#### 【 0 0 1 7 】

1 ) 石炭装入時：上述のように石炭装入時の粉体圧や、煉瓦表面の急激な温度低下など

10

20

30

40

50

により一時的に炉壁が膨張側に変位することはあるが、これらは、時間が経過して炉壁煉瓦表面の温度が回復するとともに減少し、元に位置に戻るものであり、これを炉壁の位置の原点とする。

【 0 0 1 8 】

2) 石炭膨張圧による炉壁変位：炉壁に接する側から順次石炭が高温に加熱されて軟化溶解し、次いで再固化してコークスとなるが、軟化溶解状態は非常に粘調であり、石炭から発生したガスは軟化溶解層内に気泡の形で存在する。気泡内のガスの圧力は、軟化溶解層と炉壁間に生成したコークス（固体）を介して炉壁に力を及ぼし、炉壁を変位させる。軟化溶解層は、炭化室の両炉壁側から炉幅方向中央部に向かって進展し、最終的に炉幅方向中央部において会合する段階で石炭膨張圧がピーク（以下、最大膨張圧とも記載する）となり、このときに炉壁はコークスと共に最大の位置まで膨張変位する。この変位を炉壁膨張変位量 B とする。

10

【 0 0 1 9 】

3) 軟化溶解に引き続いて、コークス化（再固化）が進行し、揮発成分の離脱や縮重合反応などによりコークスの容積が減少するいわゆる焼減りが生じる。この焼減りは3次的に生じるが、その水平方向（炭化室の炉幅方向）の焼減り（以下、水平焼減りとも記載する）によって、炉壁とコークス間にクリアランス L が形成される。この水平焼減り量を A とする。

この水平焼減り量 A は、装入された石炭の性状、乾留条件などによって左右されるがこれらの条件が一定であれば、一定量である。

20

ところで、装入した石炭の全てがコークス化した段階で石炭膨張圧は消滅するので、石炭膨張圧によって膨張変位していた炉壁は、元の位置に戻るものと考えられる。

また、コークスの水平焼減りは、上記 2) の炉壁の位置、すなわち石炭膨張圧が最大となったときの炉壁の位置から開始されるので、炉壁膨張変位量 B を元の炉壁位置に対して考慮した場合、形成されたクリアランス L1 は、 $L1 = A - B$  となる。

【 0 0 2 0 】

4) 上記のように、石炭膨張圧によって炉壁が大きく膨張変位することが判明したが、同じことが隣接の炭化室（隣接窯）にも生じているので、この炭化室（自窯）の炉壁の変位のみならず、この炭化室に隣接する炭化室（隣接窯）の炉壁の変位の影響を考慮することも重要である。

30

この隣接窯の炉壁の膨張変位量は、隣接窯に装入される石炭の性状、操業条件などにより変化するが、それらの条件に応じて把握することができる。

この隣接窯の炉壁の膨張変位による自窯の炉壁の変位量を C（自窯に向かう方向を正とする）とし、この隣接窯による自窯の炉壁変位 C を自窯の元の炉壁位置に対して考慮した場合のクリアランス L2 は、 $L2 = A - B - C$  となる。

【 0 0 2 1 】

図 1 の従来の炉壁の変位を考慮しない場合と比べれば明らかなように、本発明においては、押出し力を推定する際に最も重要な要素とされるクリアランスを求める際に、コークスの水平方向の焼減り量 A に関して、炉壁の i) 石炭膨張圧による膨張変位量 B および / または、ii) 隣接窯の膨張変位による自窯の炉壁変位量 C を考慮して得られたクリアランスに基づいて押出し力を推定するものである。

40

【 0 0 2 2 】

なお、上記のクリアランス L1, L2 を求める際に、さらに、炉壁に形成される堆積カーボンの厚さ、あるいは炉壁の凹凸の影響を公知の方法で考慮することができることは云うまでもない。

例えば、炉壁への堆積カーボンの厚さを D（図示しない）とすれば、これを考慮したクリアランスを L3 とすれば、 $L3 = A - B - C - D$  となる。

【 0 0 2 3 】

焼減り量 A は、炭化室に装入される石炭の性状（例えば、揮発性成分の含有量など）や乾留条件（例えば乾留温度）などの条件を考慮して、例えば特許文献 10 ~ 12 に記載さ

50

れた方法により求めることができる。

一方、炉壁の膨張変位量  $B$  や、隣接する炭化室（隣接窯）の膨張変位による当該炭化室（自窯）の炉壁変位量  $C$  は、上述の炉壁変位測定装置を用い、装入する石炭の性状や炉の操業条件に対応してその都度求めても良いが、発明者らはこれらを、より効率的に得る方法についてさらに検討した。

#### 【0024】

まず、当該炭化室（自窯）の炉壁の変位量  $B$  について説明する。

発明者らは、上記の炉壁変位測定装置を用いて、炭化室に装入する石炭の性状や炉の状況に対応して、最大膨張時のガス圧と、そのときの炉壁変位量との関係を調査した。なお、炉壁の変位は、炭化室の炉壁の状況（老朽度）、例えば、炉壁の亀裂の有無、亀裂の程度（縦亀裂の幅）、炉壁煉瓦の補修の程度など、の影響を考慮し、実際にコークスを製造しているコークス炉において炭化室の状況の異なる  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  の3つの炭化室（窯）について調査した。ここで、 $X$  窯は、局部的な補修にとどめた窯、すなわち老朽窯であり、 $Z$  窯は炭化室の炉壁煉瓦を全面的に積み替え補修した窯（更新窯）であり、 $Y$  窯はこれらの中間程度に補修した窯である。

また、特許文献13～15で開示された方法に従って最大膨張圧の異なる装入炭を準備し、これらを炭化室に装入し、乾留を行った。そして各炭化室の炉壁の変位を上記と同様の方法で炉壁変位測定装置を用い測定すると共に、上記ガス圧測定装置により石炭の最大膨張圧を測定した。

#### 【0025】

図2は、実測した石炭の最大膨張圧（ $kPa$ ）と炉壁の変位量（ $mm$ ）との関係を示したものである。図2の関係から判るように、炉壁の変位量は、最大膨張圧にほぼ比例して増加しており、また、その傾き、すなわち炭化室の炉壁変位量の最大膨張圧に対する変化率（ $mm/kPa$ ）は、 $X$  窯（老朽窯）の方が  $Z$  窯（更新窯）に比べてきわめて大きい。これは、 $X$  窯では炭化室の炉壁に残存する大きな縦亀裂のため、水平荷重に対する耐力が低下しているためと考えられる。

このようなことから、炭化室の炉壁の変位量を、炭化室に発生する石炭の最大膨張圧との関係に基づいて求めることができる。

この場合、炭化室毎に石炭の最大膨張圧と炉壁の変位量の関係を求めておいても良いし、或いは、各炭化室を炉壁の状況（老朽度）、例えば炉壁煉瓦の亀裂の数、亀裂の幅、長さなどの状況をファクターとしてランク付けし、各ランク毎に図2のような炉壁の変位量と最大膨張圧との関係を求め、各炭化室のランクに応じて炉壁の変位量を求めるようにしてもよい。

#### 【0026】

発明者らは、最大膨張圧による炉壁の変位量を更に効率的に求めるために、炭化室の状況を表わす指標として炉壁の縦亀裂の幅に着目し、炉壁の縦亀裂の平均幅と上記の炉壁変位量の変化率との関係について調査した。すなわち、縦亀裂の平均幅は、炉体の炉長方向（コークスの押出し方向）への膨張変位量を炉壁に存在する縦亀裂の本数で除して求めたものである。なお、炉体の炉長方向への膨張量は炉体膨張測定法（ピアノ線測量法）により測定した。すなわち、コークス炉の押出し機側とガイド車側にそれぞれ基準となるピアノ線を張り、ピアノ線からコークス炉本体の特定位置までの距離を、コークス炉の稼動時（熱間）において定期的に測定し、得られた距離値の経年比較から求めることができる。また、縦亀裂の本数は装入口や炭化室両端部の窯口からの目視観察により数えた。

上述の  $X$ ～ $Z$  窯の炭化室の縦亀裂の平均幅を表1に示す。表1から判るように、 $X$  窯（老朽窯）では  $3.6 mm/本$ 、 $Z$ （更新窯）では  $0.29 mm/本$  であり、老朽窯では縦亀裂の平均幅が大きくなっている。

#### 【0027】

【表 1】

炭化室	X	Y	Z
炉壁変位量の変化率 (mm/kPa)	0.633	0.315	0.162
平均縦亀裂幅 (mm)	3.6	1.70	0.29

## 【0028】

また、表 1 には、図 2 から求めた X ~ Z 窯の炭化室の炉壁の変位量の最大膨張圧に対する変化率（炉壁変位量の変化率）も記載している。次に、これらの結果から、炭化室の縦亀裂の平均幅（mm）と炉壁変位量の変化率（mm / kPa）との関係を求めた。その結果を図 3 に示す。

10

図 3 から判るように、炉壁の縦亀裂の平均幅（平均縦亀裂幅）と炉壁変位量の変化率とは、極めて明瞭な比例関係があり、下式 < 1 > のような関係式として表せる。

[ 炉壁変位量の変位率 (mm/kPa) ] = 0.144[ 平均縦亀裂幅(mm) ] + 0.102 ---- < 1 >

ここで、最大膨張圧は、上述のように、炭化室に装入する石炭の性状や乾留温度などにより推定することができ、また、縦亀裂の平均幅は、上述の方法により、予め測定して求めておくことができる。

従って、石炭の最大膨張圧による炉壁変位量(mm)は、炉壁の平均縦亀裂幅(mm)と、当該炭化室における石炭の最大膨張圧(kPa)により求めることができることが判る。

20

## 【0029】

次に、隣接する炭化室（隣接窯）の炉壁の変位による当該炭化室（自窯）の炉壁の変位量Cについて説明する。

炉壁の変位挙動が明らかとなったので、次に、コークスの押出し性に対する隣接窯の影響を調査した。すなわち、上述の変位測定試験においては隣接の窯は空窯なので、装入炭の石炭膨張圧が高くても押出し負荷は上昇しなかった。そこで、炭化室の炉壁煉瓦を全面的に積み替えた隣合う 3 つの炭化室（N - 1, N, N + 1）に、高い膨張圧を有する装入炭（以下、高膨張圧炭とも記載する）と通常膨張圧を有する装入炭とを表 2 に示すような組み合わせで装入して乾留し、コークスの押出し力との関係を調査する試験を行った。高膨張圧炭は、最大膨張圧が通常炭の約 20 倍のレベルとなっている。

30

なお、表 2 に示した各炭化室に装入した石炭の最大膨張圧は、上述の方法により推定したものである。

## 【0030】

【表 2】

水準	炭化室			備 考
	N + 1	N	N - 1	
1	0.5 kPa	0.5 kPa	0.5 kPa	ベース条件
2	10.3 kPa	0.5 kPa	10.3 kPa	両隣接窯の高膨張圧炭で自窯を挟んだ場合
3	0.5 kPa	10.3 kPa	0.5 kPa	自窯のみが高膨張圧炭の場合
4	10.3 kPa	10.3 kPa	10.3 kPa	自窯も両隣接窯も高膨張圧炭の場合

40

## 【0031】

なお、試験においては、両隣接窯（N - 1, N + 1）の石炭膨張圧による自窯（N）の炉壁変位への影響を求めるために、まず、自窯（N）に石炭を装入し、その後、約 8 時間程の時間を開けて両隣接窯に石炭を装入し、両隣接窯における石炭膨張圧が最大となるタイミングで、自窯からコークスを押出した。なお、図 4 は高膨張圧炭装入試験の石炭の装入とコークス押出しのタイミング（イメージ）を示す図である。各窯における石炭膨張圧

50



の時間変化を示しており、両窯への石炭の装入は、自窯（N）よりも遅らされており、自窯の押出しは、両窯の石炭膨張圧が最大となるタイミングとしている。そして、このときの押出し装置のラム駆動モーターの電流値の最大値を測定し、評価した。その結果を図5に示す。

#### 【0032】

図5から判るように、自窯および両隣接窯に高膨張圧炭を装入した場合（水準4）に押出し時の電流値が最も高いが、隣接窯のいずれかに高膨張圧炭を装入した場合（水準2）および自窯のみに高膨張圧炭を装入した場合（水準3）も、自窯および両隣接窯に通常の石炭を装入した場合（水準1）に比べて、押出し時の電流値が7～10%程度高くなっている。

10

このように、隣接窯に装入された石炭の膨張圧による炉壁の変位が、自窯の炉壁に変位にも大きな影響を与えていることが確認された。

#### 【0033】

この隣接窯の炉壁変位量Cについては、自窯の場合と同様に、図2に示したような、炭化室の炉壁の変位量と石炭膨張圧との関係、あるいは、図3に示した炭化室の平均縦亀裂幅と炉壁変位量の変化率との関係、すなわち、上述の<1>式の関係などを用いて求めることができる。

#### 【0034】

以上のような方法で、当該炭化室の炉壁の膨張変位量B、及び/または隣接の炭化室の炉壁の膨張変位による当該炭化室の変位量C、を考慮して炉壁とコークス間のクリアランスを求めることができる。

20

このクリアランスに基づいて、公知の方法、例えば特許文献1、7、8あるいは12などに記載された方法など、によって、コークス押出し時の押出し力を推定することができる。

ところで、これまで説明した炉壁の変位量Bについては、変位量Bに対する隣接窯の膨張挙動の影響は考慮していない。しかしながら、図4に示したように、自窯において石炭の膨張圧が最大となる時点で、隣接窯においても石炭の膨張圧が発生しているので、自窯における実際の炉壁の変位量は、これら自窯の膨張圧と、隣接窯の膨張圧の差によって決まることになる。

ここで、自窯において石炭の膨張圧が最大となる時点で、隣接窯においてどの程度の膨張圧が発生しているかは、隣接窯において前述のガス圧測定装置で実測しても良いが、石炭装入のたびに逐一膨張圧を測定することは現実的ではなく、例えば、特許文献13において開示されている方法によって、軟化熔融状態にある石炭層のガス透過係数を石炭性状（石炭組織中の不活性成分量と最高流動度）から、あるいは乾留条件から推定するための関係線図を予め求めておき、この線図からガス透過係数を推算し、該ガス透過係数、軟化熔融状態にある石炭層の炉幅方向厚み、および該石炭層からの単位体積当たりの熱分解ガス発生速度から、石炭乾留過程における膨張圧の経時変化を推定するのが現実的である。

30

#### 【実施例】

#### 【0035】

以下、実施例によりさらに具体的に説明する。

40

炭化室の炉壁煉瓦を全面的に積み替えた連続する3つの炭化室（更新窯）の炭化室（N-1、N、N+1）に、通常炭と高膨張圧炭を前記表2に示したような4水準で組み合わせて装入し、乾留を行った。乾留後にコークスを押出し、そのときの押出し装置のラム駆動モーターの最大電流値を測定した。なお、石炭の装入のタイミング、乾留条件などを調整し、乾留後に当該窯のコークスを押出す時点は、図4に示したように、両隣接窯の炭化室がほぼ最大膨張ガス圧に達している時点となるようにした。

コークスの水平焼減り量Aは、コークス炉装入用配合炭を、特許第3254004号に記載の水平方向焼減りが測定可能な両面加熱式の試験コークス炉を用い、実炉と同じ条件で乾留し、乾留中における水平方向焼減りの経時変化を連続的に測定して求めた。

#### 【0036】

50

炉壁の変位量 B は、上述のように、＜ 1 ＞式により当該窯の炉壁の平均縦亀裂幅と、装入した石炭の性状から求めた石炭膨張圧とから求めた。なお、炉壁の平均縦亀裂幅は、上述のピアノ線を用いる方法で測定したところ 0 . 2 9 m m / 本であった。また、石炭の膨張圧は、前述の特許文献 1 3 において開示された方法により求めた。

さらに、図 4 に示したように、当該窯において石炭膨張圧が最大となる時点では、隣接窯においても膨張圧が発生しているので、その分、自窯の膨張圧による炉壁の変位量が相殺されることになる。そこで、自窯の膨張圧が最大となる時点における隣接窯の石炭膨張圧は、隣接窯に装入した石炭の最大膨張圧の 7 0 % と仮定した。すなわち、炉壁膨張変位量 B は以下の＜ 2 ＞式で求めた。

$$B = ( \text{自窯の最大膨張圧} - 0 . 7 \times \text{隣接窯の最大膨張圧} )$$

$$\times ( 0 . 1 4 4 \times \text{平均縦亀裂幅} + 0 . 1 0 2 ) \quad \text{-----} < 2 >$$

10

【 0 0 3 7 】

また、変位量 C は、上述のように、隣接窯に装入される石炭の性状から上記と同様に特許文献 1 3 において開示された方法に基づいて推定された最大膨張圧、および炉壁の平均縦亀裂幅 ( 0 . 2 9 m m / 本 ) に基づいて、＜ 1 ＞式により求めた。なお、図 4 に示すように、隣接窯の石炭膨張圧が最大となる時点では、自窯の膨張圧は消滅していることから、＜ 2 ＞式で用いているような相殺項を考慮する必要はない。

また、炉壁とコークス間に生成する堆積カーボンの厚みについては、前記特許文献 5 に開示された方法に従って計算した。

これらの結果を表 3 に示す。表 3 では、炉壁の変位を考慮しない場合 ( 水平焼減り A ) 、自窯の炉壁変位を考慮した場合 ( L 1 ) 、自窯及び隣接窯による炉壁変位を考慮した場合 ( L 2 ) 、及び堆積カーボンの厚みを考慮した場合 ( L 3 ) のクリアランスをそれぞれ示した。また、表 3 のそれぞれの場合における押し出し電流値 ( 最大値 ) とクリアランスとの関係を図 6 に示す。

20

【 0 0 3 8 】

【表 3】

試験 水準	VM (%)	炉壁変位 なし		自窯の炉壁変位のみ考慮		自窯及び隣接窯の 炉壁変位を考慮		炉壁カーボンの厚みを考慮		押出し 電流値 (最大値)
		焼減りA	炉壁変位B	L1=(A-B)	炉壁変位C	L2=(A-B-C)	カーボン厚みD	L3=(A-B-C-D)		
									(mm)	
1	27.1	2.62	0.022	2.60	0.14	2.45	0.12	2.33	210	
2	27.1	2.62	-0.965	3.59	1.48	2.10	0.18	1.92	215	
3	23.4	1.99	1.432	0.56	0.12	0.44	0.06	0.38	221	
4	23.4	1.99	0.445	1.55	1.48	0.06	0.01	0.05	246	

## 【0039】

表3及び図6の結果から、炉壁の変位を考慮しない場合（図6の ）や、自窯の炉壁変位のみを考慮した場合（図6 ）に比べて、自窯及び隣接窯による炉壁変位を考慮した場合（図6の\*）や、自窯及び隣接窯による炉壁変位に加えて、さらに炉壁の堆積カーボン厚みを考慮した場合（図6の ）は、押出し時の最大電流値との関係がより明確になっていることが判る。

すなわち、炉壁の変位を考慮することにより、クリアランスを実炉の状況に近い形でよ

10

20

30

40

50

り適切に評価することができ、精度良く押出し力を推定することができる。

これによって、コークス押出し時において適切な押出し力を設定することが可能となり、また、適切な押出し力となるように石炭の配合条件やコークス炉の操業条件を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 0 】

【図 1】石炭乾留過程における炉壁とコークスの挙動を説明する模式図である。

【図 2】石炭乾留時の石炭膨張圧と炉壁変位量との関係を示す図である。

【図 3】炉壁の平均縦亀裂幅と炉壁変位量の変化率の関係を示す図である。

【図 4】高膨張力炭装入試験における石炭の装入とコークス押出しのタイミング（イメージ）を示す図である。 10

【図 5】高膨張圧炭を配合した場合のコークス押出し時の押出し装置の最大電流値を示す図である。

【図 6】炉壁とコークス間のクリアランス量とコークス押出し時の押出し装置の最大電流値の関係を示す図である。

【図 7】石炭乾留過程における炭化室の状況の時間変化を示す図であり、（ a ）は、炭化室の炉壁の変位、（ b ）は石炭層の温度及び石炭膨張圧の変化を示す。

【図 8】炉壁変位量の測定装置の概要および使用状況を説明する断面概要図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 1 】

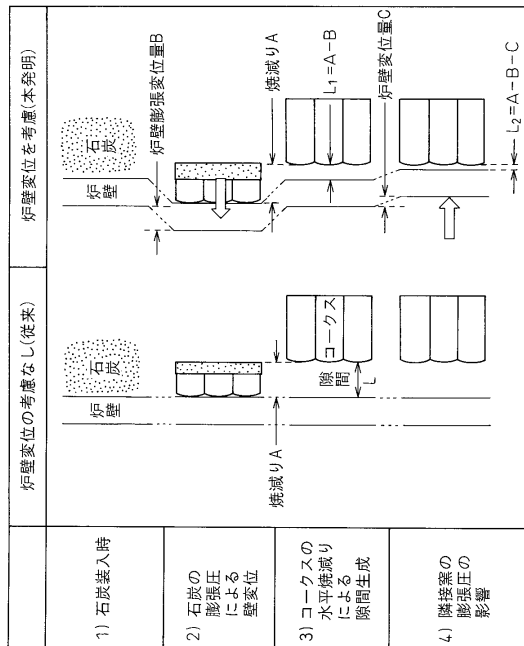
- 1 a、1 b 炭化室
- 2 燃焼室
- 3 炉壁
- 4 ガスポート
- 5 石炭
- 6 コークスケーキ
- 7 炉壁変位量の測定装置
- 8 装入口（装入蓋）
- 9 支持板
- 1 0 開口部
- 1 1 金属製プローブ
- 1 2 プローブ支持部
- 1 3 傾動量検出器
- 1 4 レーザー発振器
- 1 5 受光板
- 1 6 炉壁と変位測定プローブとの接触点
- 1 7 レーザー光

20

30

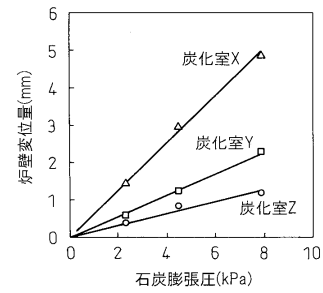
【図1】

図1



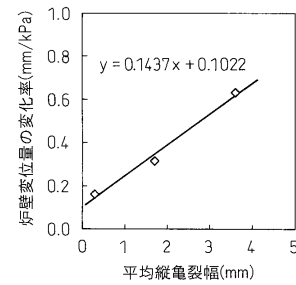
【図2】

図2



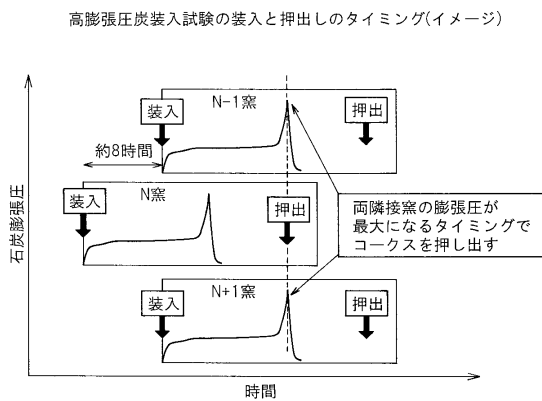
【図3】

図3



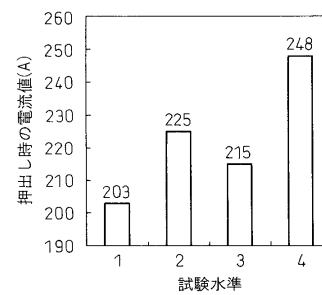
【図4】

図4



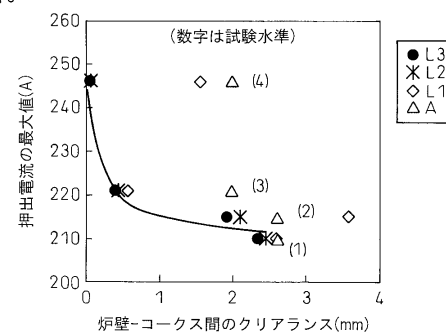
【図5】

図5



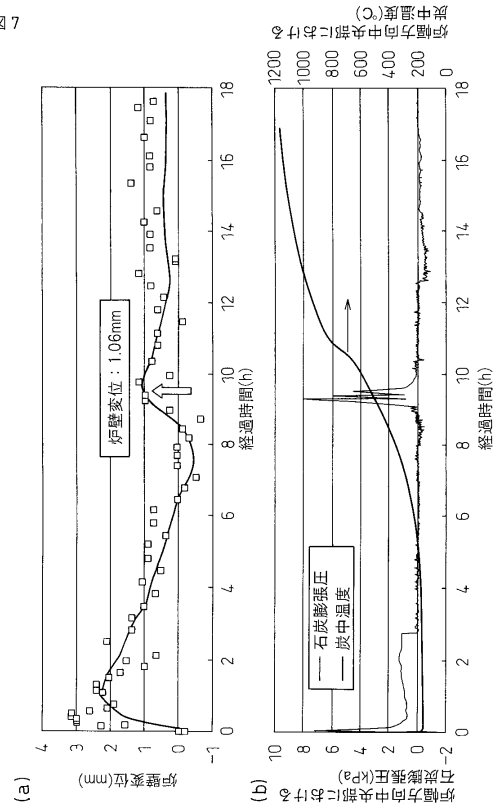
【図6】

図6



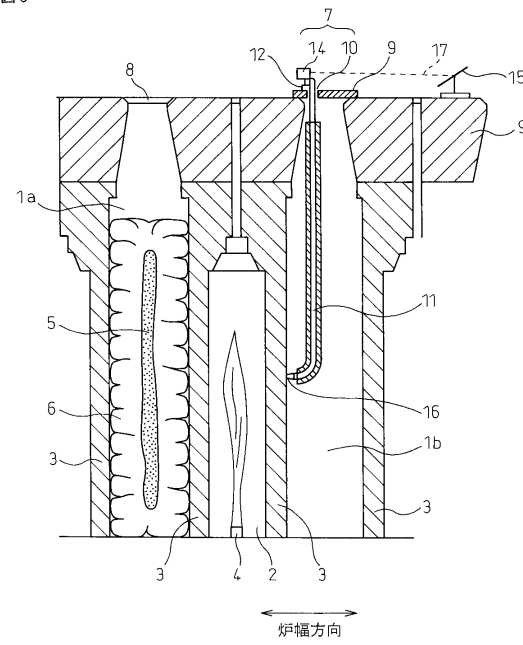
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



---

フロントページの続き

- (72)発明者 中川 朝之  
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 加藤 健次  
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 有馬 孝  
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 福田 耕一  
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 窪田 征弘  
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 阿波 靖彦  
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 杉浦 雅人  
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 杉山 勇夫  
北海道室蘭市仲町 1 2 番地 新日本製鐵株式会社 室蘭製鐵所内
- (72)発明者 三樹 賢治  
北海道室蘭市仲町 1 2 番地 新日本製鐵株式会社 室蘭製鐵所内
- (72)発明者 北条 由二  
北海道室蘭市仲町 1 2 番地 新日本製鐵株式会社 室蘭製鐵所内

審査官 中野 孝一

- (56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 2 9 0 6 5 8 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 3 1 0 7 7 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 0 7 3 0 6 7 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
C 1 0 B 1 / 0 0 - 5 7 / 1 8