

(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2010-100725

(P2010-100725A)

(43) 公開日 平成22年5月6日(2010.5.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 1 O B 57/00 (2006.01)	C 1 O B 57/00	4 H O 1 2
C 1 O B 41/02 (2006.01)	C 1 O B 41/02	
C 1 O B 33/10 (2006.01)	C 1 O B 33/10	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-273138 (P2008-273138)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成20年10月23日 (2008.10.23)		新日本製鐵株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
		(74) 代理人	100099759
			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

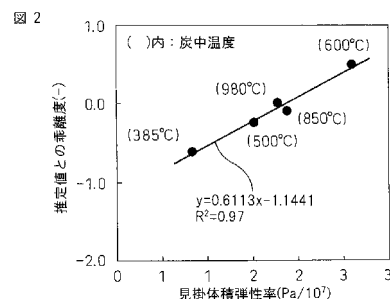
(54) 【発明の名称】 室式コークス炉におけるコークス押出し力の推定方法及び推定された押出し力に基づく室式コークス炉の操業方法

(57) 【要約】

【課題】室式コークス炉において、乾留不良域を含むコークスケーキが炉壁に存在する凹凸部を通過する際の押出し負荷を推定し、コークス押出し時の炉壁損壊等を防止する。

【解決手段】種々の炭中温度で乾留された試験用コークスケーキを用いて、種々の大きさの凹凸部を通過させる押出し負荷測定試験を実施し、炭中温度Tと見掛け体積弾性率Kとの関係(a)を求め、正常な炭中温度で乾留された場合に対する、炭中温度Tで乾留された場合の突起部の通過に必要な力ΔFの乖離度Wと前記Kとの関係(b)を求め、コークス炉燃焼室の実測温度から、炉長方向各位置の炭中温度を推定し、該炭中温度及び炉壁凹凸部の実測値と、前記(a)、(b)の関係から、コークスケーキが凹凸部を通過する際の押出し力を推定し、推定されたコークス押出し時の押出し負荷がコークス炉操業上の基準値を下回るどうかを判定し、基準値を下回る乾留時間でコークスを炭化室から押出すようにする。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) 種々の炭中温度 T で乾留された試験用コークスケーキを用いて、炉壁に種々の高さを有する突起部、または、種々の深さを有するえぐれ部が様々な位置に形成されていることを想定した押出し負荷測定試験を実施し、コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ 、コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する前の体積 V_0 および通過した後の体積 V 、コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に最大となる側面荷重 $F_w(T)$ を測定し、下記(1)式で定義される見掛け体積弾性率 $K(T)$ と、炭中温度 T との関係性を求め、

(b) 正常な炭中温度 T_0 で乾留された試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部の通過に必要な押出し力 ΔF_0 を基準値とし、その基準値に対する炭中温度 T で乾留された試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な力 $\Delta F(T)$ の下記(2)式で定義される乖離度 $W(T)$ と、見掛け体積弾性率 $K(T)$ との関係性を求め、

(c) 室式コークス炉の燃焼室炉長方向の実測温度から推定された炉長方向各位置における炭化室炉幅方向中央部の炭中温度、および、室式コークス炉の炭化室炉壁の炉長方向および炉高方向各位置における健全な煉瓦面に対する突起部高さまたはえぐれ部深さの実測値と、各位置における押出し力の基準値 ΔF_0 と、前記(a)で求められた見掛け体積弾性率 $K(T)$ と炭中温度 T との関係、および、前記(b)で求められた乖離度 $W(T)$ と見掛け体積弾性率 $K(T)$ の関係から、実コークス炉での炭化室炉壁の炉長方向及び炉高方向の各位置におけるコークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力を求める、

ことを特徴とする室式コークス炉におけるコークス押出し力の推定方法。

$$K(T) = F_w(T) / ((V_0 - V) / V_0) \quad \cdots (1)$$

$$W(T) = (\Delta F(T) - \Delta F_0) / \Delta F_0 \quad \cdots (2)$$

【請求項 2】

前記見掛け体積弾性率 $K(T)$ に代えて下記(3)式で定義される見掛け体積圧縮率 $\kappa(T)$ を用いることを特徴とする請求項 1 に記載の室式コークス炉におけるコークス押出し力の推定方法。

$$\kappa(T) = 1 / K(T) \quad \cdots (3)$$

【請求項 3】

(d) 請求項 1 または請求項 2 に記載の押出し力の推定方法によって求められた押出し力を基に、室式コークス炉におけるコークス押出し時の押出し負荷を推定し、該コークス押出し時の押出し負荷の推定値が、予め設定されたコークス炉操業上の基準値を下回るかどうかを判定し、

(e) 該押出し負荷の推定値が前記基準値を上回る場合は、乾留時間を延長し、該押出し負荷の推定値が前記基準値を下回る時点でコークスケーキを炭化室から押出し、前記押出し負荷の推定値が前記基準値を下回る場合は、前記乾留時間を延長せずに、コークスケーキを炭化室から押出す、

ことを特徴とする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、例えば水平室式コークス炉のコークス押出し時において、コークス押出し力を推定する方法及び推定された押出し力に基づくコークス炉の操業方法に関するものであり、特に、燃焼室の炉長方向の温度分布にバラツキがある場合に、低温箇所が生じるコークス未乾留による押出し抵抗の増加を推定し、その増加を抑制するための操業方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年のコークス炉操業では、コークス品質及び生産性の向上を狙って炭化室内の石炭の

10

20

30

40

50

装入（充填）密度が上昇する方向にあり、コークスケーキを押出す際に、炭化室の側壁（炉壁）にかかる荷重が上昇し、これにともないコークス押し出し負荷も増加する傾向にある。

また、建設されて30年以上が経過して炉体の老朽化が進展しているコークス炉も増えており、コークス炉炭化室の炉壁面の变形や凹凸によるコークス押し出し抵抗の増加と同時に、炉壁耐力の低下による炉壁煉瓦の破孔や炉壁損壊等のトラブルが発生する恐れも高くなっている。

【0003】

一方、老朽化が進展したコークス炉の炭化室では、その炉壁にカーボンが付着して突起部（凸部）が形成されたり、炉壁煉瓦が欠損してえぐれ部（凹部）が形成されたりしている場合が多く認められ、炉壁表面の凹凸の度合いが増加している。突起部（凸部）またはえぐれ部（凹部）をコークスケーキが通過する際、突起部（凸部）では押し出し機ラム側の斜面から、えぐれ部（凹部）ではコークガイド車側の斜面から、それぞれ反力を受け、この反力に相当する荷重が炉壁に作用する。

【0004】

このような状況から、炭化室から乾留後のコークスケーキを押出すのに必要な力や炉壁に作用する荷重を、事前に評価（推定）し、炉壁に過度の荷重が付加されないようにすることがより一層重要になっており、本発明者らは、先に、炉壁に凹凸が形成されている場合を想定したコークス押し出し負荷測定試験の実施ができる装置とその装置を用いたコークス押し出し負荷の評価方法について特許出願した（特許文献1～3参照）。

【0005】

一方、長期稼動のコークス炉では、使用年数の増加につれて、燃焼室内に燃焼ガスを吹き込むガスポートが石炭粉の蓄積などの様々な理由により閉塞しやすくなり、炉長方向に例えば30室前後存在する燃焼室の多くで燃焼不良箇所が発生している。炭化室内の石炭は、両側炉壁を介して隣接する燃焼室からの燃焼熱の伝熱により炭化室の両側炉壁から炉幅方向中央に向かって加熱される。このため、燃焼室の炉長方向の特定箇所で燃焼不良が発生すると、その箇所での炭化室内での炉幅方向への伝熱量が低下し、石炭の昇温が遅れるため、コークス押し出し時に、コークスケーキの炉幅方向中央部付近に乾留不良が発生する。

【0006】

石炭は加熱されて温度が上昇するにつれて、順次、粉炭層、軟化熔融層、セミコークス層、コークス層と変化するため、炭化室の炉幅方向中央部付近で発生する乾留不良領域は、燃焼室の燃焼不良による昇温遅れの程度によりその存在割合は変わるものの、主として粉炭層、軟化熔融層、および、セミコークス層の混合層として存在していると考えられる。

これらの乾留不良領域は、正常に乾留されたコークス層に比べて圧縮挙動が異なり、乾留不良領域を含むコークスケーキを押出す場合は、正常に乾留されたコークスケーキに比べて押し出し負荷が高くなるため、炉体に大きなダメージを与える危険性が高くなる。

【0007】

したがって、コークスケーキを炭化室から押出す際の押し出し負荷をより精度よく評価して、押し詰まりなどのコークス押し出しトラブルの発生を抑制するとともに、炉体に大きなダメージを与えないようにするには、炉壁に存在する凹凸ばかりでなく、コークスケーキが乾留不良領域を含む場合も考慮して押し出し負荷を評価する必要があるが、従来、乾留不良領域を含むコークスケーキの押し出し負荷を精度良く推定するための方法については、十分な検討がなされていなかった。

【0008】

【特許文献1】特開2008-208337号公報

【特許文献2】特願2007-149228号

【特許文献3】特願2008-003384号

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

そこで、本発明は、室式コークス炉において、乾留不良領域を含むコークスケーキが炉壁に存在する突起部（凸部）またはえぐれ部（凹部）を通過する際の押出し負荷を推定し、コークス押出の最適なタイミングを決定することにより、コークス押出し負荷を軽減し、コークス押し詰まり等のトラブルの発生を防止できる方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

コークスケーキが乾留不良領域を含んでいる場合、乾留不良領域は、粉炭層、軟化溶融層、セミコークス層、および、コークス層の何れか、または、これらの混合層と考えられるから、正常に乾留されたコークスケーキに比べてその見掛けの体積弾性率あるいは見掛けの体積圧縮率が変化するものと考えられる。

本発明者らは、乾留後のコークスケーキの見掛け体積弾性率あるいは見掛け体積圧縮率と、炉壁面に存在する突起部（凸部）またはえぐれ部（凹部）をコークスケーキが通過する際の押出し負荷との間の関係を実験的に調査した結果、両者の間には一定の関係があることを見出した。

そして、コークス炉燃焼室の炉長方向の特定箇所における温度から伝熱計算により乾留後のコークスケーキの見掛け体積弾性率あるいは見掛け体積圧縮率を推定して、その値から実際のコークス押出し負荷を推定することにより、上記課題を解決できることを見出した。

【0011】

そのような本発明の要旨は以下のとおりである。

（１）（ａ）種々の炭中温度 T で乾留された試験用コークスケーキを用いて、炉壁に種々の高さを有する突起部、または、種々の深さを有するえぐれ部が様々な位置に形成されていることを想定した押出し負荷測定試験を実施し、コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ 、コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する前の体積 V_0 および通過した後の体積 V 、コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に最大となる側面荷重 $F_w(T)$ を測定し、下記（１式）で定義される見掛け体積弾性率 $K(T)$ と、炭中温度 T との関係を求め、

（ｂ）正常な炭中温度 T_0 で乾留された試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部の通過に必要な押出し力 ΔF_0 を基準値とし、その基準値に対する炭中温度 T で乾留された試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な力 $\Delta F(T)$ の下記（２式）で定義される乖離度 $W(T)$ と、見掛け体積弾性率 $K(T)$ との関係を求め、

（ｃ）室式コークス炉の燃焼室炉長方向の実測温度から推定された炉長方向各位置における炭化室炉幅方向中央部の炭中温度、および、室式コークス炉の炭化室炉壁の炉長方向および炉高方向各位置における健全な煉瓦面に対する突起部高さまたはえぐれ部深さの実測値と、各位置における押出し力の基準値 ΔF_0 と、前記（ａ）で求められた見掛け体積弾性率 $K(T)$ と炭中温度 T との関係、および、前記（ｂ）で求められた乖離度 $W(T)$ と見掛け体積弾性率 $K(T)$ の関係から、実コークス炉での炭化室炉壁の炉長方向及び炉高方向の各位置におけるコークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力を求める、ことを特徴とする室式コークス炉におけるコークス押出し力の推定方法。

$$K(T) = F_w(T) / ((V_0 - V) / V_0) \quad \cdots (1 \text{ 式})$$

$$W(T) = (\Delta F(T) - \Delta F_0) / \Delta F_0 \quad \cdots (2 \text{ 式})$$

（２）前記見掛け体積弾性率 $K(T)$ に代えて下記（３式）で定義される見掛け体積圧縮率 $\kappa(T)$ を用いることを特徴とする上記（１）に記載の室式コークス炉におけるコークス押出し力の推定方法。

$$\kappa(T) = 1 / K(T) \quad \cdots (3 \text{ 式})$$

（３）（ｄ）上記（１）または（２）に記載の押出し力の推定方法によって求められた押出し力を基に、室式コークス炉におけるコークス押出し時の押出し負荷を推定し、該コークス押出し時の押出し負荷の推定値が、予め設定されたコークス炉作業上の基準値を

10

20

30

40

50

下回るかどうかを判定し、

(e) 該押出し負荷の推定値が前記基準値を上回る場合は、乾留時間を延長し、該押出し負荷の推定値が前記基準値を下回る時点でコークスケーキを炭化室から押出し、前記押出し負荷の推定値が前記基準値を下回る場合は、前記乾留時間を延長せずに、コークスケーキを炭化室から押出す、

ことを特徴とする室式コークス炉の操業方法。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、室式コークス炉の炭化室からコークスケーキを押出す場合において、乾留不良領域を含むコークスケーキが炉壁に存在する突起部（凸部）またはえぐれ部（凹部）を通過する際に必要な押出し力を高精度に推定することができ、その推定値に基づいて乾留不良領域を含むコークスケーキの最適な押出し時期を高精度に推定することができる。

10

その結果、コークス押出し負荷を軽減し、コークス押し詰まり等のトラブルの発生を防止でき、また、炭化室炉壁に対するダメージが低減され、炉体寿命の延長を図ることができる。さらに、コークス炉の操業が安定化して押し詰め等のトラブルが減少するため、コークスの生産性が向上する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

前記のように、コークス炉の炉長方向の例えば30個前後存在する燃焼室の一部に燃焼不良箇所があり、通常の温度レベルより低い箇所が生じると、その箇所の炭化室内の石炭の昇温が遅れるため、コークス押出し時に、炉幅方向中央部付近にいわゆる乾留不良（未乾留）領域を含むコークスケーキを押出すこととなる。

20

【0014】

乾留不良領域を含むコークスケーキを押出す場合は、正常に乾留されたコークスケーキに比べて押出負荷が高くなることが予想される。その理由は、乾留不良領域を含むコークスケーキは再固化温度以降で発生する炉幅方向の熱収縮（水平焼減り）が十分に進行しないため、コークス押出し時において、コークス塊と炉壁間の隙間や炉幅方向中心部の隙間が少ないこと、などによるものと考えられる。

【0015】

30

そこで、本発明者らは、炉壁面に存在する凹凸部位をコークスケーキが通過する場合には、コークスケーキが炉幅方向に変形し易い（圧縮され易い）ほど凹凸部位を通過する際の抵抗が少なくなると考えられることから、コークスケーキに未乾留領域を含む場合のコークス押出し負荷への影響度は、コークスケーキの見掛け体積弾性率と密接な関係にあると考え、正常に乾留されたコークスケーキを押出す際の押出し負荷と乾留不良領域を含むコークスケーキを押出す際の押出し負荷の差が、見掛け体積弾性率とどのように関連するかを調べた。

【0016】

なお、以下は、コークスケーキの見掛け体積弾性率について説明するが、見掛け体積弾性率は、 $(1 / \text{見掛け体積圧縮率})$ と定義されるものであり、見掛け体積圧縮率でも同様に扱うことができる。

40

また、「見掛け」と表記したのは、通常、弾性率（または圧縮率）は、均一な物質について定められるのに対して、前述のごとく乾留不良域は、粉炭層、軟化溶融層、セミコークス層、および、コークス層の何れか、または、これらの混合層と考えられ、このように多種の層で構成された乾留不良域を、単一層の物質と区別するためである。

【0017】

本発明者らは、小型電気乾留炉を用いて、石炭の炉幅方向中心部の到達温度（以下、単に炭中温度という場合もある）が種々異なる条件で乾留して試験用コークスケーキを製造し、特許文献1に示されるような押出し負荷測定試験装置（図3及び図5にその概略を示す。）を用いて、これらの異なる炭中温度Tで乾留して得られた試験用コークスケーキの

50

押出し負荷測定試験を実施した。

【 0 0 1 8 】

図 3 (a) に示されるように、一方の側面パネル 2 に、健全な煉瓦面に対して高さ (厚み) h の突起 6 を取り付け付けた押出し負荷測定試験装置に、異なる炭中温度 T で乾留して得られた試験用コークスケーキ 1 をセットし、押圧し方向からの力 $F_p (T)$ と、その反対側からの反力 $F_r (T)$ を作用させながら、図 3 (b) に示されるように、突起 6 の手前側のコークス塊が突起 6 のテラス面 7 に乗り上げるまで押出し、そのときの突起乗り越えに必要な力 $\Delta F (T) (= F_p (T) - F_r (T))$ と、突起 6 のテラス面に作用する力 $F_w (T)$ を求めた。

【 0 0 1 9 】

また、試験用コークスケーキの L_c の範囲について、突起 6 のテラス面 7 に乗り上げる前のコークスケーキの体積 V_0 と突起 6 のテラス面 7 に乗り上げた後のコークスケーキの体積 $V (= V_0 - \Delta V)$ を測定し、コークスケーキの見掛け体積弾性率 $K (T) (Pa)$ を下式によって求めた。

$$K (T) = F_w (T) / (\Delta V / V_0)$$

図 1 に、この結果得られた、異なる炭中温度 T で乾留したコークスケーキに対する炭中温度 T と見掛け体積弾性率 $K (T)$ との関係を示す。

【 0 0 2 0 】

なお、炉壁面に存在するえぐれ部を想定する場合には、図 5 (a)、(b) に示すように、一方の側面パネル 2 として、健全な煉瓦面に対して深さ d のえぐれ 9 が形成されたパネルを用いて、突起 6 が取り付けられている場合と同様のコークスケーキの押出し負荷測定試験を実施し、えぐれ部内に存在するコークス塊が、えぐれ部斜面 11 を登坂し、えぐれ部出側の平滑面 10 に乗り上げるまで押出し、そのときの乗り上げに必要な力 $\Delta F (T)$ と、えぐれ部出側の平滑面 10 に作用する力 $F_w (T)$ と、乗り上げ前後のコークスケーキの体積 V_0 、 V を測定し、炉壁面にえぐれ部が存在する場合の炭中温度 T と見掛け体積弾性率 $K (T)$ との関係を求めることができる。

【 0 0 2 1 】

次に、通常の正常な乾留到達温度 ($T_0 = 980$) まで昇温 (乾留) して得られた試験用コークスケーキを用いて測定した押出し荷重 F_{p0} と受け側荷重 F_{r0} を基に求められた、突起部又はえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F_0 (= F_{p0} - F_{r0})$ を基準値として、種々の異なる炭中温度 T で乾留して得られた試験用コークスケーキを用いて同様に求められた突起部又はえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F (T)$ の乖離度 $W (T)$ を、下記式に基づいて求めた。

$$W (T) = (\Delta F (T) - \Delta F_0) / \Delta F_0$$

【 0 0 2 2 】

図 2 に、この結果得られた、異なる炭中温度 T まで昇温 (乾留) して得られた試験用コークスケーキの見掛け体積弾性率 $K (T)$ と突起部又はえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F (T)$ の乖離度 $W (T)$ との関係を示す。

なお、図 2 におけるカッコ内の温度は、小型電気乾留炉を用いて石炭を乾留して試験用コークスケーキを製造する際に、熱電対で実測した乾留終了時点での装入炭の炉幅方向中央部の到達温度 (炭中温度) を示している。正常乾留の炭中温度 T_0 は 980 である。

図 2 に示されるように、異なる炭中温度 T で乾留して得られたコークスケーキの見掛け体積弾性率 $K (T)$ と乖離度 $W (T)$ との間には、良好な対応関係が認められる。

【 0 0 2 3 】

以上の結果より、炭中温度 T が分かれば、見掛け体積弾性率 $K (T)$ を介して、正常な温度で乾留されたコークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力からの乖離度 $W (T)$ が分かることになる。

【 0 0 2 4 】

したがって、実コークス炉で使用する装入炭毎に、試験用コークスケーキの異なる炭中温度条件、および、異なる突起部 (凸部) 高さまたはえぐれ部 (凹部) 深さの条件で、試

10

20

30

40

50

験用コークスケーキの押出し負荷測定試験を行うことにより、図 1 に示すような炭中温度 T と見掛体積弾性率 $K(T)$ の関係、及び、図 2 に示すような押出し力 $\Delta F(T)$ の乖離度 $W(T)$ と見掛体積弾性率 $K(T)$ の関係を予め求めておけば、実コークス炉の炭化室炉壁の凹凸測定情報から得られる突起部（凸部）高さ又はえぐれ部（凹部）深さの値と、燃焼室の炉長方向の実測温度分布から算出される炭中温度（炉幅中央部到達温度）と、正常な温度で乾留されたコークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力の基準値とを基に、実コークス炉での炭化室炉長方向及び炉高方向各位置におけるコークス押出し時の突起部又はえぐれ部を通過する際に必要な押出し力を推定することができる。

そして、この押出し力からコークス押出し時にコークスケーキ内に乾留不良域を含む場合のコークス押出し負荷を推定することができ、推定された押出し負荷の値が予め設定されたコークス炉操業上の基準値（管理値）を上回る場合には、事前にコークス押出し負荷低減のための操業アクションを行うことができ、コークスの押し詰まりなどの操業トラブルを回避することができる。

【0025】

本発明は、以上のような実験的な検討に基づいてなされたものであり、以下、本発明の実施の形態について更に説明する。

まず、(a)、(b)の段階を実施し、(a)コークスケーキの炭中温度 T と見掛体積弾性率 $K(T)$ との関係（図 1）、及び、(b)突起部又はえぐれ部を通過する際に必要な力 $\Delta F(T)$ の基準値からの乖離度 $W(T)$ と見掛体積弾性率 $K(T)$ との関係（図 2）を求める。

【0026】

(a)の段階では、以下の(a1)～(a3)のように実施する。

(a1)小型電気乾留炉のような試験炉を用いて、装入炭を正常な乾留温度域から未乾留温度域にわたる種々の炭中温度（385、500、600、850、980）で乾留された試験用コークスケーキ（概略寸法：長さ：610×高さ：370×幅：430mm）を準備する。

【0027】

(a2)前記試験用コークスケーキに対し、炉壁に相当する一方の側壁に、突起部（凸部）又はえぐれ部（凹部）が形成された押出し負荷測定試験装置を用いて、異なる突起部高さ又はえぐれ部深さの条件、及び、突起部またはえぐれ部の形成されている炭化室炉長方向及び炉高方向の異なる位置の条件でコークス押出し試験を実施し、コークスケーキが突起部又はえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ 、及び、突起部テラス面またはえぐれ部後方煉瓦面に作用する側面荷重 $F_w(T)$ と、試験用コークスケーキが突起部又はえぐれ部を通過する前のコークスケーキ体積 V_0 、通過した後のコークスケーキ体積 $V(=V_0 - \Delta V)$ 、および、通過した前後のコークスケーキ体積変化量 ΔV を測定する。

【0028】

コークスケーキが突起部又はえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ は、押出し負荷測定試験において、コークスケーキの押出し荷重 $F_p(T)$ とその反対側からの受け側荷重 $F_r(T)$ との差分から $\Delta F(T) = F_p(T) - F_r(T)$ として求められる。

【0029】

押出し負荷測定の一例として、試験装置とその装置を用いた試験方法の概略を図 3 及び図 5 に示す。

この装置では、試験用コークスケーキ 1 の前後に押出し側と受け側の当て板 4、5 を配置し、それぞれの当て板を油圧ジャッキに接続して、試験用コークスケーキ 1 に対し押出し力 F_p とコークス炉炭化室の炉長方向の想定位置に応じた一定の反力 F_r を加えながら、試験用コークスケーキを押出すようになっており、また、コークスケーキ 1 の両側面には、実コークス炉の炭化室炉壁に相当する左右の側面パネル 2、3 を油圧ジャッキを介し

10

20

30

40

50

て保持するようになっている。

【 0 0 3 0 】

ここで、押し出し力に対して反力を付加するのは、実コークス炉では炭化室の P S（押し出し機側）から C S（コークガイド車側）に行くにしたがって、炉長方向にコークスケーキ内を伝達する力（または、圧力）が減少するため、この炉長方向の位置の違いによる力（または、圧力）の違いを擬似的に再現するためである。

【 0 0 3 1 】

当て板 4、5 と側面パネル 2、3 の外側にはロードセル（荷重変換器）を複数個設置し、押し出し荷重 F_p と受け側荷重 F_r を測定するとともに、押し出し時にコークスケーキから側面パネル 2、3 に作用する側面荷重 F_w を測定する。

10

【 0 0 3 2 】

炉壁に突起部が存在する場合を想定したコークス押し出し負荷測定試験を実施するには、図 3 に示すように、入側にテーパが付された突起 6 を側面パネル 2 に設ける。突起には、実際のコークス炉における実態を反映させて、厚み h : 0 ~ 50 mm、斜面 : 180 mm、テラス面 : 220 ~ 440 mm の範囲の形状のものが用いられる。コークスケーキ 1 の上部には、錘を積載して、突起の炉高方向の想定位置を調整できるようにする。

また、炉壁にえぐれ部が存在する場合を想定した試験を実施するには、図 5 に示すように、入側と出側にテーパが付されたえぐれ 9 を側面パネル 2 に設ける。

【 0 0 3 3 】

図 4 に、図 3 に示した装置を用いて押し出し試験を実施し、その結果得えられた押し出し中の負荷プロファイルの一例を示す。

20

コークスケーキの押し出し開始後、押し出し側と受け側の荷重 F_p 、 F_r が増加し、受け側の反力が油圧ジャッキのシリンダの設定値（約 1.9 tonf）に到達した後は一定で推移する。押し出し側油圧ジャッキのシリンダヘッドの移動距離が 120 ~ 130 mm 以降では、コークスケーキが突起の斜面 8 を登坂し、続いてテラス面 7 に乗り上げる。その際に、押し出し荷重 F_p と側面荷重 F_w が増加を開始し、押し出し距離 500 mm では、コークスケーキのほぼ全体がテラス面 7 上にあるため押し出し荷重 F_p と側面荷重 F_w がともに最大になる。

この最大値から、コークスケーキが突起部を通過する（乗り越える）のに必要な押し出し力 ΔF （ $= F_p - F_r$ ）及び側面荷重 F_w を得ることができる。

30

【 0 0 3 4 】

（a3）炭中温度 T が異なる各試験用コークスケーキの押し出し負荷測定試験後、炭中温度 T が異なる各試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する前後、つまり、 L_c の範囲のコークスケーキの押し出し前の体積 V_0 と押し出し後の体積 V の測定値、及びその体積の変化量 ΔV （ $= V_0 - V$ ）を求める。

【 0 0 3 5 】

ここで、試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過するとは、図 3 に示した突起部については、突起部よりも手前（図 3 では上側）にあるコークスケーキが突起部斜面 8 を登坂し、さらに突起部テラス面 7 に乗り上げた状態を、または、図 5 に示したえぐれ部については、えぐれ部で生成したコークスケーキがえぐれ部出側の斜面 11 を登坂し、さらにえぐれ部出側の平滑面 10 に乗り上げた状態をそれぞれ意味する。

40

【 0 0 3 6 】

また、試験用コークスケーキが突起部やえぐれ部を通過する（乗り越える）際に最大となる側面荷重から、試験用コークスケーキが突起部テラス面またはえぐれ部出側煉瓦面にかかる側面荷重 $F_w(T)$ を求め、その見掛け体積弾性率 $K(T)$ を下式によって求める。

$$K(T) = 1 / \kappa(T) \quad (\kappa \text{ は体積圧縮率})$$

$$= F_w(T) / (\Delta V / V_0)$$

このようにして、コークスケーキの見掛け体積弾性率 $K(T)$ と炭中温度 T との関係（図 1）が求められる。

【 0 0 3 7 】

50

(b) 正常な乾留(炭中温度 980)で得られたコークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 ΔF_0 ($= F_{p0} - F_{r0}$) を基準とし、その基準に対する炭中温度 T で乾留した未乾留領域を含むコークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ の乖離度 $W(T)$ を次式により求める。

$$W(T) = (\Delta F(T) - \Delta F_0) / \Delta F_0$$

そして、前記(a)の段階で求めた炭中温度 T と見掛け体積弾性率 $K(T)$ との関係を用いて、コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ の乖離度 $W(T)$ と見掛け体積弾性率 $K(T)$ との関係(図2)が求められる。

【0038】

以上のようにして得られた結果の一例を、図1及び2に示す。図1から特に乾留時の炭中温度(乾留終了時の装入炭の炉幅方向中央部の到達温度)が概ね 550 ~ 900 の間では、コークスケーキの見掛け体積弾性率 $K(T)$ の値が正常乾留コークスの値(図1中に点線で表示)以上となり、試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ の基準値との乖離度 $W(T)$ の値が正常乾留コークスの値より高くなっており、突起部またはえぐれ部での押出し力が増加することが示されている。

【0039】

また、図1、2で得られたデータからそれぞれの関係を近似式で表しておけば、炭中温度から、見掛け体積弾性率及び乖離度を計算によっても求めることができる。図1、2には、得られた近似式の例を付記した。

【0040】

次に、(c)の段階を実施し、(a)、(b)の段階で求められた試験用コークスケーキの炭中温度 T とコークスケーキの見掛け体積弾性率 $K(T)$ の関係と、試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ の乖離度とコークスケーキの見掛け体積弾性率 $K(T)$ との間の関係と、基準となる押出し力 ΔF_0 とからコークス押出し時に、コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過するのに必要な押出し力を求める。

【0041】

(c) 室式コークス炉の燃焼室は、炭化室の炉長方向に沿って細分された多数のフリュー(燃焼小室)からなっており、各フリューで燃料ガスを燃焼させ、珪石煉瓦の炉壁を介して炭化室の石炭を加熱している。燃焼室では、炉体煉瓦内に埋設された温度計により常時、あるいは、放射温度計などを用いて定期的に各フリューの温度を実測して、炉長方向の温度分布が最適になるように、必要に応じて燃料ガス量や空気量を調整して燃焼状態を管理している(燃焼管理)。これにより、炭化室の炉長方向の温度分布を所定パターン(通常は押出し機側からコークガイド車側に所定の勾配を有する温度分布とする)になるようにしている。

【0042】

そのような実コークス炉でのコークス炉燃焼室の各フリューの実測温度(炉長方向温度分布)から、各フリュー(炉長方向各位置)に隣接する炭化室での炉幅方向の炭中温度分布をそれぞれ推定する。

炉長方向各位置における炭化室の炭中温度 T は、当該燃焼室フリューの温度実測値から、コークス炉の炉体条件(炉壁煉瓦の厚み、熱伝導率、等)及び石炭装入条件(装入密度、水分、等)等を用いて伝熱計算を行って算出することができる(例えば、富士製鐵技報、17, 353頁, 1968年発行、参照)。

【0043】

炉長方向各位置における炭化室の炭中温度 T が求められると、前記(a)、(b)の段階で求められた試験用コークスケーキの炭中温度 T と見掛け体積弾性率 $K(T)$ の関係(図1)、及び、試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ の乖離度と見掛け体積弾性率 $K(T)$ との関係(図2)から、試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部の通過に必要な力 $\Delta F(T)$ の乖離度が求められる。

そして、小型電気乾留炉で正常に乾留(炭中温度 T_0 : 980)して製造した試験用

10

20

30

40

50

コークスケーキを用いて押出し負荷測定試験を行い、試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際の押出し力を基準として、炉長方向各位置における各炭中温度 T で乾留されたコークスケーキが、当該位置の炉壁に突起部またはえぐれ部があった場合に、それらの箇所を通過する際に必要な押出し力を推定する。

【 0 0 4 4 】

実コークス炉の炉壁の突起部またはえぐれ部の状態については、例えば、特開 2 0 0 8 - 2 0 1 9 9 3 号公報によって、炭化室炉壁の形状を炉壁面の炉長方向及び炉高方向、炉壁面の厚み方向を 3 次元的に測定し、炉壁面に存在する凹凸部（突起部またはえぐれ部）の位置やその形状データを定量的に把握する方法が提案されている。このような方法をコークスケーキ押出し後の空窯状態の炭化室に適用すれば、長期間の使用により老朽化が進展した実コークス炉の炭化室炉壁面の炉長方向及び炉高方向（2 次元）における凹凸情報（凸部における健全な煉瓦表面（基準）からの高さ、凹部における健全な煉瓦表面（基準）からの深さ）を、定期的に得ることができる。

10

【 0 0 4 5 】

さらに、上述のとおり、実コークス炉の炭化室炉長方向の炭中温度は、燃焼管理のための燃焼室各フリー温度の実測値を基に伝熱モデルにより計算することで得られる。

なお、この際、実コークス炉での燃焼室の各フリー温度を炉高方向にも測定することにより、それらの各測定点に対応した位置でのコークス炉炭化室の炭中温度を伝熱モデルにより計算できることは言うまでもない。

【 0 0 4 6 】

20

コークスケーキが炭化室炉壁の突起部またはえぐれ部（凹凸部）を通過する際に必要な押出し力（乗り越え力）は、凹凸部の厚みまたは深さや凹凸部の炉長方向や炉高方向の存在位置によって変化する。

このため、上記のコークスケーキの押出し負荷測定試験を、突起の厚みまたはえぐれ深さ、反力の大きさ（炉長方向の凹凸部の存在位置を考慮）、コークスケーキ上部に乗せる錘の量（炉高方向の凹凸部の存在位置を考慮）を種々変化させて実施して、それぞれの条件毎に、図 1、2 に示される関係を求めておけば、炉壁に存在する凹凸部の位置や形状のデータから、個々の凹凸部による押出し負荷をより正確に推定することができる。

【 0 0 4 7 】

したがって、実コークス炉で使用する装入炭毎に、小型電気乾留炉ならびに突起部（凸部）またはえぐれ部（凹部）を有する側面パネルを備えた押出し負荷測定試験装置を用いて、試験用コークスケーキの炭中温度 T 条件、及び、突起部（凸部）における健全な煉瓦表面からの高さの条件、または、えぐれ部（凹部）における健全な煉瓦表面からの深さの条件を種々変えて、試験用コークスケーキの押出し負荷測定試験を行い、予め、試験用コークスケーキの炭中温度 T と見掛け体積弾性率 $K(T)$ の関係（図 1）、及び、試験用コークスケーキが突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ の乖離度 $W(T)$ と見掛け体積弾性率 $K(T)$ の関係（図 2）を求め、これらの関係に基づいて、実コークス炉の炭化室炉壁の炉長方向及び炉高方向における凸部高さ及び凹部深さの実測値、及び、燃焼室の各フリー温度実測値（炉長方向温度分布実測値）から伝熱モデルによる計算で求められる炭化室の炉長方向各位置におけるコークスケーキの炭中温度 T から、実コークス炉の炭化室炉壁の炉長方向及び炉高方向各位置に存在する突起部またはえぐれ部を通過する際に必要な押出し力 $\Delta F(T)$ の乖離度、さらに、これらを基に突起部またはえぐれ部での押出し力（乗り越え力）を求めることができる。

30

40

【 0 0 4 8 】

以上のように（c）の段階で実コークス炉における炉壁面上の個々の凹凸部において、それらの箇所を通過するのに必要な負荷（力）の推定値を求めた後、更に、（d）、（e）の段階を実施し、室式コークス炉の炭化室からコークスケーキを押出す際の押出し負荷（押出し力）を推定し、この押出し負荷の推定値が予め定められたコークス炉操業上の基準値（管理値）より低くなる最適なコークス押出しタイミングを決定し、コークス押出し時の乾留不良によるコークス押し詰まりなどの操業トラブルを回避し、コークス押出し負

50

荷低減によりコークス炉の炭化室炉壁に過度の負荷がかからないように操業する。

【 0 0 4 9 】

(d) コークス押出し時の押出し負荷は、上記のようにして求めたコークス押出し時の炉長方向及び炉高方向各位置に存在する突起部またはえぐれ部での押出し力（乗り越え力）に基づいて求める。例えば、炭化室の炉壁に突起部またはえぐれ部がなく、炉壁が健全で燃焼室の温度のばらつきも少ない状態にあった時期の操業における押出し負荷のデータに、上記のように求めた突起部またはえぐれ部をコークスケーキが通過するときに必要な押出し力を加算して求めることができる。

【 0 0 5 0 】

また、本出願人が先に特願 2 0 0 7 - 1 1 0 4 9 6 号で提案した方法に記載されるように、炉長方向及び炉高方向の各位置における炭化室炉壁の側圧および炭化室の炉底圧に基づいて以下の (i) ~ (v) の手順を用いることにより、より高い精度で推定することができる。

【 0 0 5 1 】

(i) 炭化室の寸法、石炭の性状、及び乾留条件に基づいて炉長方向 (x 方向) 各位置におけるコークスケーキと炉壁との間隙 $X_c (x)$ を推算し、

(ii) 上記コークスケーキと炉壁との間隙 X_c の推算値と、予め試験炉を用いて求められた、炉長さ方向 (x 方向) 各位置におけるコークスケーキと炉壁の間の間隙 $X_c (x)$ とランキン係数 $k (x)$ (コークスケーキの炉長方向の押出し力に対する、炭化室炉壁に伝達される炉幅方向の側圧の比率) との関係に基づいて炉長方向 (x 方向) 各位置のランキン係数 $k (x)$ を求め、

(iii) 上記ランキン係数 $k (x)$ に基づいてコークスケーキの炉高方向 (y 方向) の微小区間 dy での圧力バランスからコークスケーキの炉高方向 (y 方向) 各位置での炉高方向の圧力 $P (y)$ および炭化室の炉壁に伝達される側圧 $k \cdot P (y)$ を求め、

(iv) 上記炉高方向各位置での炭化室の炉壁に伝達される側圧 $k \cdot P (y)$ 、および、炭化室の炉底に伝達される炉底圧 $P (y)_{y=0}$ に基づいて、コークスケーキの炉長方向 (x 方向) の微小区間 dx での圧力バランスから炉長方向各位置の圧力 $P (x, y)$ を求め、

(v) コークスケーキの押出し機側 (PS) での炉長方向の圧力 ($P (x, y)_{x=0}$) を基に、コークス押出し力 (負荷) F_{cal} を推算する。

【 0 0 5 2 】

以上のようにして推定されたコークス押出し時の押出し負荷が、例えば、コークス押し詰まりが発生しない基準値 (管理値) として設定されたコークス炉操業上の基準値を下回るかどうかを判定する。

【 0 0 5 3 】

(e) 押出し負荷の推定値が前記基準値を上回る場合は、炉幅方向のコークスケーキの収縮による炉壁とコークス塊の間隙を増加させるために、更に乾留時間 (特に火落ち時点から押出し時までの置き時間) を延長して、再度 (c) 及び (d) の段階を実行して、押出し負荷の推定値が前記基準値を下回った時点でコークスケーキを炭化室から押出すようにする。

一方、前記押出し負荷の推定値が前記基準値を下回る場合は、前記乾留時間を延長せずに、コークスケーキを炭化室から押し出せばよい。

【 0 0 5 4 】

以上説明したように、本発明では、乾留不良領域を含むコークスケーキの押出し負荷を高精度に推定することができる。その結果、コークス押出し時にコークスケーキ内に乾留不良域が含まれる場合でも、コークス押出し負荷の推定値を基に予め必要な操業アクションをとり、コークス押出し負荷を軽減し、炉壁煉瓦の破孔や炉壁損壊、コークス押し詰まり等のトラブルの発生を防止できる。よって、コークス炉の操業安定化と炉体寿命の延長を図ることができる。また、操業トラブルによる停止時間が減るので、コークス生産量が増加するといった相乗効果も得られる。

【 図面の簡単な説明 】

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

【図 1】コークス押出し負荷測定試験によって得られた、炭中温度 T とコークスケーキの見掛け体積弾性率 K の関係の一例を示す図である。

【図 2】異なる炭中温度 T で乾留したコークスケーキを用いた押出し負荷測定試験によって得られた、コークスケーキの見掛け体積弾性率 K と、突起部またはえぐれ部を乗り越える際に必要な押出し力 ΔF の基準値 ΔF_0 に対する乖離度 W との関係の一例を示す図である。

【図 3】炉壁に突起部が存在する場合を想定したコークス押出し負荷測定試験装置と方法の概略を説明するための図である。

【図 4】図 3 で示されるコークス押出し負荷測定試験装置を用いた押出し試験における測定結果の一例を示す図である。

【図 5】炉壁にえぐれ部が存在する場合を想定したコークス押出し負荷測定試験装置と方法の概略を説明するための図である。

【符号の説明】

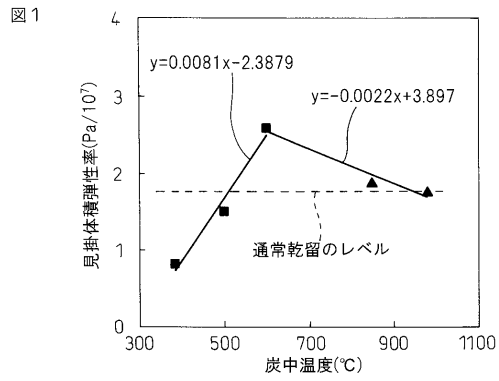
【 0 0 5 6 】

- 1 試験用のコークスケーキ
- 2、3 側面パネル
- 4 押出し側当て板
- 5 受け側当て板
- 6 突起
- 7 突起部テラス面
- 8 突起部斜面
- 9 えぐれ
- 10 えぐれ部出側の平滑面（煉瓦面）
- 11 えぐれ部斜面
- h 突起部厚み
- d えぐれ部深さ

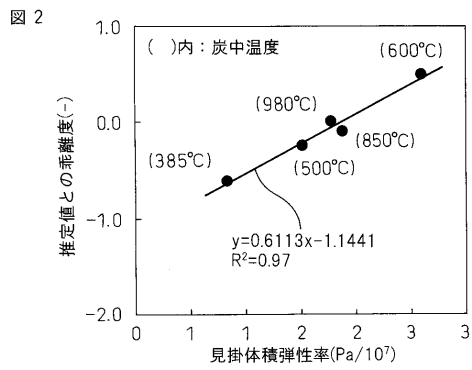
10

20

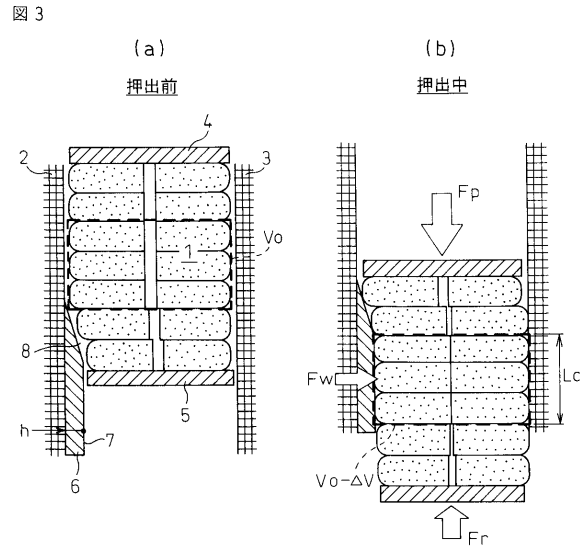
【図 1】



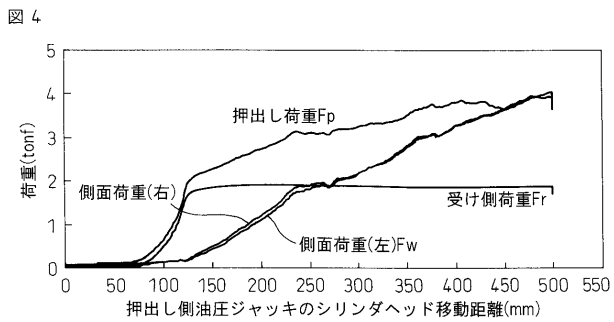
【図 2】



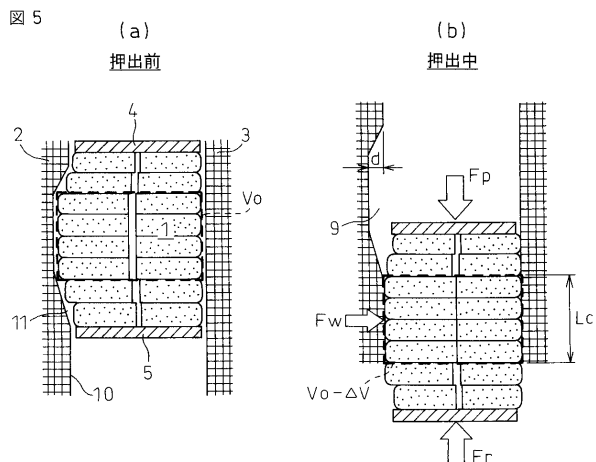
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 中川 朝之
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 有馬 孝
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 福田 耕一
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 加藤 健次
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号 新日本製鐵株式会社内
- F ターム(参考) 4H012 LA00