(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3839048号
(P3839048)
(45)発行日　平成18年11月1日(2006.11.1)　(24)登録日　平成18年8月11日(2006.8.11)

(51)Int.Cl.　F I
C04B 7/44 (2006.01)　C04B 7/44

請求項の数 9 (全 7 頁)

(21)出願番号　特願平7-527284
(86)(22)出願日　平成7年4月18日(1995.4.18)
(65)公表番号　特表平9-511984
(43)公表日　平成9年12月2日(1997.12.2)
(86)国際出願番号　PCT/DK1995/000160
(87)国際公開番号　WO1995/029138
(87)国際公開日　平成7年11月2日(1995.11.2)
審査請求日　平成13年11月5日(2001.11.5)
(31)優先権主張番号　459/94
(32)優先日　平成6年4月21日(1994.4.21)
(33)優先権主張国　デンマーク(DK)

(73)特許権者
エフ・エル・スミス・アンド・カンパニー・エー・エス
デンマーク国デーカー－２５００　バルビィ，ビゲルスラフ・アレ　７７
(74)代理人
弁理士　社本　一夫
(74)代理人
弁理士　今井　庄亮
(74)代理人
弁理士　増井　忠弐
(74)代理人
弁理士　栗田　忠彦
(74)代理人
弁理士　小林　泰

最終頁に続く

(54)【発明の名称】キルン内温度制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

セメントクリンカー製造用キルン内の温度を制御するための方法であって、時間ｔについてキルンに出入りする硫黄含有量Ｓ（ｔ）を測定し、その後、キルン内に入れられる燃料を制御して、キルン内に送り込まれる硫黄のための、各時間における燃焼ゾーン内で蒸発する硫黄の量と、燃焼ゾーン内に通過する硫黄と結合した固体の量との割合を示す所望の蒸発因子Ｅを維持することを特徴とする方法。

【請求項２】

請求項１記載のセメントクリンカー製造用キルン内の温度を制御するための方法であって、硫黄含有量$S_{kiln\ gas}$（ｔ）は、キルンの排ガス内の含有量として測定されることを特徴とする方法。

【請求項３】

請求項１記載のセメントクリンカー製造用キルン内の温度を制御するための方法であって、硫黄含有量S_{cyc}（ｔ）は、キルンに送り込まれる材料のフロー内の含有量として測定されることを特徴とする方法。

【請求項４】

請求項１、２または３のいずれか記載のセメントクリンカー製造用キルン内の温度を制御するための方法であって、前記キルンの燃焼ゾーンの温度は１１００～１５００℃の範囲内にあることを特徴とする方法。

【請求項５】

請求項１、２または３のいずれかに記載のセメントクリンカー製造用キルン内の温度を制御するための方法であって、前記キルンの燃焼ゾーンの温度は１１００～１３５０℃の範囲内にあることを特徴とする方法。

【請求項６】

請求項１、２または３のいずれか記載のセメントクリンカー製造用キルン内の温度を制御するための方法であって、前記キルンの燃焼ゾーンの温度は１２７５～１３２５℃の範囲内にあることを特徴とする方法。

【請求項７】

セメントクリンカー製造用プラントであって、原材料は最初にプレヒーターを通過し、次いでか焼器を通過し、その後、最終的にキルン内で燃焼され、該キルン内の温度状態はキルンに送られる燃料の割合を変化させることで調節できるプラントにおいて、該キルンに出入りする硫黄含有量を記録するために、該キルンと該プレヒーターとの間に測定器が固定されていること、及び該キルンに送られる燃料の割合は、前記請求項１～６のいずれかに記載の方法による硫黄の測定量の関数として変えられることを特徴とするプラント。

【請求項８】

請求項７記載のセメントクリンカー製造用プラントであって、前記測定器は、前記キルンの排ガスフローダクト（２）に配置されていることを特徴とするプラント。

【請求項９】

請求項７記載のセメントクリンカー製造用プラントであって、前記測定器は、前記キルンの送り込みフローダクト（５）に配置されていることを特徴とするプラント。

【発明の詳細な説明】

本発明は、セメントクリンカー製造用キルン内温度制御方法に関する。

多数の原材料、特にライム（$CaCO_3$）、クレイ、砂、パイライトアッシュ、フライアッシュ及び原材料粒中に混合され粉末化されている他の材料からセメントが製造されることは、公知である。原材料中の酸化物CaO、SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3の含有量は比較的狭い特定の範囲内にあるものでなければならない。原材料は続いて予加熱され■焼（焼成）され、この工程の間にH_2OおよびCO_2は追い出される。次いで、酸化物間で反応が生じ、真っ先に以下の反応が生じる：

$2CaO + SiO_2 \rightarrow (CaO)_2(SiO_2)$ （ベリット）

$(CaO)_2(SiO_2) + CaO \rightarrow (CaO)_3(SiO_2)$ （アリット）

固体物質間のこれらの反応は、溶融マス（塊）を形成するために必要な酸化アルミニウムおよび酸化鉄と共に、溶融マス（塊）内で生じる。

各燃焼工程のために、全体的な目的は常に、十分な量のアリットが形成され、同時に、消費されていない遊離CaO量を許容可能な低レベルまで減少させることにある。伝統的に、燃焼工程は、ロータリキルン内で生じ、最終反応はロータリーキルンの燃焼ゾーンで生じ、反応工程は燃焼速度及び火炎設定を調整することによる温度の調整により制御される。燃焼工程中、温度は、一般的なタイプのクリンカーに対して1400～1450℃の範囲に達する。

したがって、キルン内の温度の連続指標を与え、ゆえにクリンカーの組成及び品質をも指標する測定を行うことが必要となるが、従来、問題となる温度を直接測定することはできなかった。

ハード（硬い）クリンカーと接触するので短時間内に壊れないようにする態様で熱電対（Pt-PtRh）を組み込むことは不可能である。

輻射高温計を用いることもできるが、燃焼ゾーン内に良好な可視度がある場合に限られる。燃焼工程中に一定量のダストロード（負荷）が不可避的に発生するので、このような良好な可視度が得られるケースは希である。

温度の指標として広範囲に用いられている間接的な信号は、キルンを回転させるために用いられる力の測定によって得られる。この信号を用いることができる理由は、クリンカーの温度が高いほど、形成される溶融マス（塊）の量が多くなり、ゆえに回転中にロータリーキルンの側面に沿って上方向に引き上げられるべき量がより多くなるためである。結果

として、力のモーメント（力×アーム）が増加し、こうして、キルンを回転させるために必要なパワー（力）もまた増加する。しかしながら、力のモーメントは、外殻（クラスト）形成の際の任意の歪み、キルンの全長に沿っての原材料の接着性など多数のファクターにより影響を受ける相対信号である。したがって、十分な燃焼を保証すべきモーメントが何かを正確に示すことは不可能である。

燃焼ゾーン内の温度を測定する別の方法は、キルンから放出されるNOxを測定することである。燃焼ゾーン内でのNOx形成は火炎温度レベルに特に関連し、一定の製造設定および不変のバーナー設定においては、燃焼工程に必要な過剰の空気によってのみ影響を受ける。全体の目的は、過剰の空気を一定に維持することにあるから、NOx放出量は燃焼温度を直接測定することになる。実際、NOx測定に基づいて、例えばファジィ理論により手動制御および自動制御されながら、キルンは長年にわたり運転されている。

しかしながら、NOxの放出は環境にとって有害であることが認められている。したがって、ロータリーキルンからの放出を含むセメントキルンプラントのNOxの放出量を減少させることに多くの努力が主として払われている。

これらの措置は、キルンを制御する可能性を大幅に減少させる。これは、温度T（℃）の関数としてのNOx形成曲線（図1）を考慮することにより最も理解される。この曲線は、特定の火炎設定に供されたクリンカーの最終温度の関数としてNOx形成を測定することにより得られる。

一般的なクリンカーを燃焼する際、運転ポイントはAと殆ど同じ位置にある。ここで、形成されたNOxは本質的に熱起源である。すなわち、NOx中の窒素原子は空気のN_2に起因する。ターゲット（目標）温度からの高いかまたは低い偏差は、形成されたNOxの量の顕著な変化を明らかに反映する。

NOxレベルを減少させるために措置が施される場合、キルン内のより低い温度に対応して、形成されたNOxが主として燃料に起因する運転ポイントBに近づく。ポイントBの近くでは、NOx形成の温度依存性は無視することができ、実際、このような低NOx運転モードでは制御パラメータとしてNOx測定値を用いることができない。

NOx放出量を低減させることに加えて、火炎温度が低くなる場合にはエネルギー節約もまた達成される。これらの状態を作り出すことは、キルンの運転中、特に望ましいことである。

NOx放出が低い程度となる運転状態を得るために、例えば、初期空気流またはバーナーの初期速度を減少させることにより、キルン内の火炎を広げることが行われてもよい。この方法によって、クリンカーはより低温の最終温度を有するようになるが、一方で、クリンカーはアリット形成が生じ得る最低温度を超える温度でのより長い滞留時間を必要とする。

低い程度のNOx放出及びより低い所要火炎温度での運転状態を得るための別の方法は、原料粉に鉱化剤を添加して、アリット形成を生じさせるために必要な温度を低下させることである。硫黄及びフッ化物の添加は、例えば、通常よりも約125℃低い温度、すなわち1275～1325℃でクリンカー燃焼工程を生じさせ得る。

そこで、本発明の目的は、キルン内の温度制御を確実にして、セメントキルン内で製造されるクリンカーの製造を制御すると同時に、キルンからのNOx放出量の最大限減少を達成することにある。

この目的は、キルン内の硫黄の蒸発を算出して、燃焼ゾーン内での瞬間温度を測定する本発明の方法によって達成される。

以下、添付図面を参照しながら、本発明を更に詳細に説明する。

図１は、温度の関数として、形成されたNOxの量を示す。

図２は、温度の関数として、蒸発因子Eを示す。

図３は、セメント製造プラントにおけるマスフローの基本的スケッチを示す。

ここで、1100℃を超える温度で基本的に生じる分解反応を示すために蒸発が用いられる。

$CaSO_4 \rightarrow CaO + SO_2 + 1/2O_2$

$K_2SO_4 \rightarrow K_2O + SO_2 + 1/2O_2$

蒸発因子Eは、■焼（焼成）された原材料と一緒にキルンの燃焼ゾーンに供給され、蒸発する硫黄Sの関数として定義される。この因子は非常に興味深い。なぜなら、温度が1100～1500℃の範囲にある場合に実質的に増加し（図２参照）、この温度範囲はクリンカー燃焼工程に用いられるからである。

蒸発因子Eの式は、セメントクリンカー製造プラントに対する２つのマスバランスをとることにより見出される（図３参照）。

このようなプラントは、原材料が燃焼用に準備される系Iと、燃焼が生じる系IIとからなる。系Iはサイクロンプレヒーターおよび■焼（焼成）器を組み込むことが好ましく、系IIはロータリーキルンを組み込むことが好ましい。

異なるフローの硫黄含有量、すなわち２つの系IおよびIIに出入りする硫黄の量Sxは、単位時間当たりの硫黄（kg／hr）またはプラントで製造されるクリンカー1kg当たりの硫黄（kg／kg）として測定することができる。

硫黄含有量S_{feed}を有する原材料のフロー１及び硫黄含有量$S_{kiln\ gas}$を含むロータリーキルンからの排出ガスのフロー２は、系Iに送り込まれる。

硫黄$S_{sec,fuel}$もまた、■焼（焼成）器またはライザーダクト（立上り排気管）への第２の（二次）燃料を介してフロー３で供給される。

硫黄含有量S_{exit}を含む冷却された排出ガスのフロー４は系Iから排出され、予備■焼（焼成）あるいは単に予備加熱された硫黄含有量S_{cyc}を含む材料は、フロー５にて通常はサイクロンからキルンに落下する。

系IIへの流入は、予備加熱されたかあるいは予め■焼（焼成）された硫黄含有量S_{cyc}を含む材料のフロー５と、硫黄含有量$S_{prim.fuel.}$を含むキルン燃料すなわち初期（一次）燃料のフロー６とからなる。系IIからの流出は、硫黄含有量$S_{kiln\ gas}$を含むキルンからの排出ガスのフロー２及び硫黄含有量S_{clink}を含む最終クリンカーのフロー７からなる。

蒸発因子Eは、いかなる場合にも、燃焼ゾーン内で蒸発する硫黄の量と、燃焼ゾーン内に通過する硫黄と結合した固体の量との割合を示す。しかしながら、燃焼ゾーン内のこれらの２つの興味あるフローの硫黄含有量を測定することはできない。

また、燃焼ゾーン内で蒸発する硫黄の量は、フロー２にてキルンから流出する硫黄の量$S_{kiln\ gas}$から、初期（一次）燃料からの寄与分$S_{prim.fuel}$を差し引いた量とほぼ等しくなり、燃焼ゾーン内に流入する硫黄と結合した固体の量は、系Iからフロー５にて落下する硫黄の量S_{cyc}とほぼ等しい。これは以下の式で表される。

$$E \approx \frac{S_{kiln\ gas} - S_{prim.fuel}}{S_{cyc}}$$

初期（一次）燃料中の硫黄含有量は、特定のタイプの燃料について一定であるから、所定時間内での燃料消費がわかれば、初期（一次）燃料中の硫黄含有量$S_{prim.fuel}$がわかる。S_{cyc}は、燃焼ゾーンへの硫黄流入の揺らぎ及び燃焼ゾーン内での温度変化ゆえに、時間と共に変動する。S_{cyc}が測定されるキルンの入口から燃焼ゾーンまで材料が通過するために比較的長い時間を要するロータリーキルン内では、測定に対する遅れ時間τを適用しなければならない。一方、$S_{kiln\ gas}$の測定は瞬間的に行われるのでこの遅れ時間τは考慮しなくてもよい。これは以下の式で表される。

$$E(t) \approx \frac{S_{kiln\ gas}(t) - S_{prim.fuel}(t)}{S_{cyc}(t-\tau)}$$

いかなる特定のポイントにおいても、フロー５にてキルンに落下する硫黄の量は、フロー１（S_{feed}）、フロー２（$S_{kiln\ gas}$）およびフロー３（$S_{sec.fuel}$)を通過する硫黄の量の合計からフロー４にて流出する硫黄の量（$S_{exit\ gas}$）を差し引いた量におおよそ等しいといえる。ほとんどのキルン装置において、フロー４における硫黄含有量$S_{exit\ gas}$は０（ゼロ）に等しい。

$S_{cyc} = S_{feed}(t) + S_{kiln\ gas}(t) + S_{sec.fuel}(t)$

または、

$S_{kiln\ gas} = S_{cyc}(t) - Sfeed(t) - S_{sec.fuel}(t)$

これは、E(t)がキルンからの排出ガス内の硫黄含有量を測定すること、及びキルンに供給されている材料中の硫黄含有量を測定することの両者により計算することができることを論理必然的に意味する。

$$(A)\quad E(t) = \frac{S_{kiln\ gas}(t) - S_{prim.fuel}(t)}{S_{feed}(t-\tau) + S_{kiln\ gas}(t-\tau) + S_{sec.fuel}(t-\tau)}$$

$$(B)\quad E(t) = \frac{S_{eye}(t) - S_{feed}(t) - S_{see.fuel}(t) - S_{prim.fuel}(t)}{S_{eye}(t-\tau)}$$

これら２つの式は、キルンがロータリーキルンである場合にのみ有効であるが、たとえば静止型キルンなど他のキルンには同様の式を展開することができる。

ロータリーキルンからの排出ガスダクト（4）内にSO_2メーターを設定する意義はない。なぜなら、この有害なガス成分のキルン装置から環境中への放出は、比較的多量の過剰空気が存在する低温予加熱ステージまたは■焼（焼成）器内でSO_2がほぼ100％吸収されてしまうので、$S_{kiln\ gas}$の測定値にはいかなる場合にも関係しないからである。

一般に、現在の分析及び供給量に基づいて、原材料及び燃料が硫黄の量に与える寄与を評価することは単純である。

キルン排出ガス中のSO_2含有量を測定する場合には（A）に基づいて、または■焼（焼成）器の後キルンに落下する分離サイクロンから通過する流れ中の硫黄含有量S_{cyc}を測定する場合には（B）に基づいて、E(t)を算出することができる。

SO_2は高温及び空気過剰の場合の硫黄成分のみであるから、$S_{kiln\ gas}$を測定するための最も簡易な方法は、キルン排出ガスを連続分析するSO_2メーターをキルン出口に組み込むことである。

この方法に関連するエラーの主要な原因は、■焼（焼成）された原材料が排出ガス中に旋回しながら上昇するので、二酸化硫黄は以下の化学反応によって化合されてしまうことである。

（C） $SO_2 + 1/2O_2 + CaO \rightarrow CaSO_4$

数種の装置においては基本的な運転であるが、排出ガス試料が水で洗浄されて冷却されると、SO_2の容積の一部はさらに、CaOゆえにアルカリ性である水と結合する。この結果、ガス分析装置の信号は非常に小さいものとなる。

しかしながら、これらのエラー原因に注意を払うことで、SO_2容積の一定の割合が消滅すると仮定することができる。したがって、蒸発したSO_2の実際の量は、SO_2の測定量に比例することから、$S_{kiln\ gas,measured}$＝定数×$S_{kiln\ gas}$、この信号を温度制御に用いることができる。

もし、キルンから流出するSO_2の流れ（例えば、キルン装置内のSO_2及び塩化物循環を減少させるために確立されているバイパスダクトによる）が、SO_2のほぼ全量が旋回して上昇するCaOにより吸収されるような非常に制限された大きさ（量）である場合には、この方法を制御目的に使用することができない。仮にSO_2が存在するとすれば、これは、高い燃焼ゾーンの温度を表すよりも、キルン内の空気不足すなわち酸素不足を表す（式（C））。

ロータリーキルンに送り込まれる硫黄の量は、いくつかの公知の方法で決定することができる。たとえば、サイクロン材料中の元素Fe、CaおよびSの含有量を連続測定可能なOutokumpo x線分析装置によって決定することができる。このために、原材料の副流は、分析装置に送り込まれる前に、サイクロンから抽出され、冷却されて固められる。S含有量またはS／Ca比率用の受信信号は、ロータリーキルン内に落下する硫黄の量の正確な指標を提供する。

【図１】

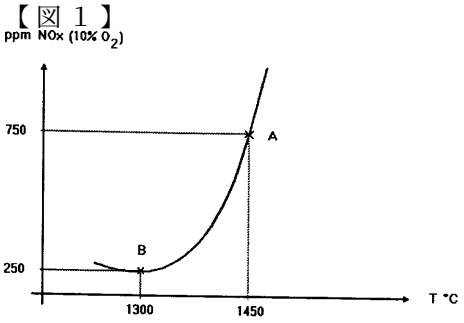


Fig. 1

【図２】

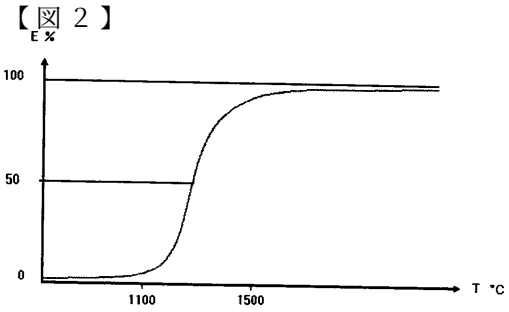


Fig. 2

【図３】

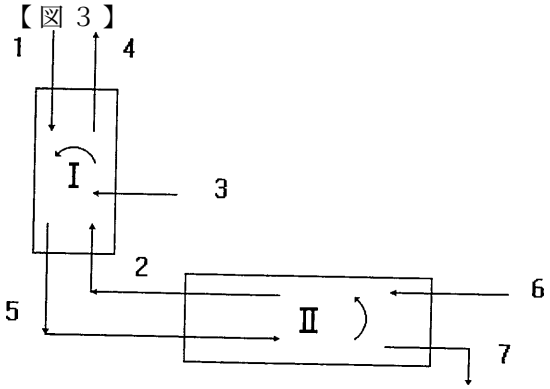


Fig. 3

フロントページの続き

(74)代理人
弁理士　佐久間　滋
(72)発明者　ホーンディブル，スーレン
デンマーク国デーカー－２５００　バルビィ，ビゲルスラフ・アレ　７７

審査官　永田　史泰

(56)参考文献　特開昭６０－１６１３６０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C04B 7/00 - 32/02
F27D 7/00 - 15/02