

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁵
F27D 19/00

(45) 공고일자 1990년08월 18일
(11) 공고번호 특 1990-0005989

(21) 출원번호	특 1986-0000907	(65) 공개번호	특 1986-0006561
(22) 출원일자	1986년02월 10일	(43) 공개일자	1986년09월 13일
(30) 우선권 주장	60-40375 1985년02월 27일 일본(JP) 60-40379 1985년02월 27일 일본(JP)		
(71) 출원인	미쓰비시전기 주식회사 시끼 모리야 일본국 도쿄도 지요다구 마루노우치 2초메 2-3		
(72) 발명자	고하마 사도시 일본국 오오사카시 니시구 혼다 8-4-81 와카미야 요시노리 일본국 고베시 효고구 와다사 끼초 1-1-2 미쓰비시 전기주식회사 세이교 세이사꾸쇼나이 쓰루다 마코도 일본국 고베시 효고구 와다사 끼초 1-1-2 미쓰비시 전기주식회사 세이교 세이사꾸쇼나이		
(74) 대리인	정우훈, 박태경		

심사관 : 최재희 (책자공보 제1989호)

(54) 가열로의 로온도 설정 및 가열제어방법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

가열로의 로온도 설정 및 가열제어방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 재료마다 최적로온도의 결정방법을 표시하는 흐름도.

제2도는 혼소비율(混燒比率)과 로내온도의 관계도.

제3도는 본 발명의 효과를 표시하는 설명도.

제4도는 본 발명의 제1의 실시상태로 표시하는 전체 구성도.

제5도는 본 발명의 제2의 실시상태를 표시하는 전체 구성도.

제6도는 가열로의 로온도계산 존(zone) 분할을 표시하는 개략도.

제7도는 종래의 가열로의 가열제어방법을 표시하는 설명도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

5 : 로온도계산모델

6 : 로벽온도계산모델

7 : 재료온도계산모델

20 : 현상온도 계산기능

21 : 재료별 최적로온도 계산기능

22 : 설정로온도 계산기능

23 : 혼소비율, 설정로온도 계산기능

101 : 가열로

103 : 연료유량제어기

104 : 로온도 검출기

105 : 연소용 버너

106, 107 : 로온도 설정기능

[발명의 상세한 설명]

이 발명은 열간압연 라인의 가열로의 온도제어에 있어서, 연료를 최소로하는 로온도 설정방법 또는 연료를 최소로하는 로온도 설정치 및 복수연료의 혼소비율(混燒比率)의 설정방법에 관한 것이다. 종래 이 종류의 가열로의 온도제어로서는 예컨대 일본국 특개소 56-75533호 공보에 표시되어있는 바와 같이 로온도에서 재료온도를 계산하는 모델 및 로온도와 재료온도에서 연료유량(燃料流量)을 계산하는 모델의 양비선형(非線形)모델을 사용하여 비선형의 연료 최소화를 행하기 위하여 로온도를 단계적으로 변화시켜 섭동 시뮬레이션법(攝動 Simulation) : (기준상태와 섭동상태에 있어서 시뮬레이션하는 선형화계수를 결정하는 방법)를 사용하여 선형화한다.

그 결과로 재료의 승온곡선을 결정함과 동시에 이 승온곡선과 재료의 현상온도를 비교하여 로온도를 결정하는 방법이 채용되고 있다.

상기와 같은 종래의 가열로의 가열제어방법에서는 제6도에 표시한 바와 같이 일반적으로 로온도의 계산준은 연료유량을 제어할 수 있는 존보다도 수가 많기 때문에 로온도를 바탕으로 한 섭동법에 의한 최적화 후의 최적로온도 및 승온곡선은 항상 실용 가능한 패턴으로 한정되어 있지 않다는 문제가 있었다.

또 선형화계수 및 승온패턴을 결정할때 로벽온도의 손실열량, 로벽온도 분포등을 무시하고 로응답의 지연을 고려하지 않은채 로온도를 단계적으로 변화시켜 시뮬레이션을 하기 때문에 실제의 재료의 승온경향 및 로상태와 동떨어진 승온곡선이 결정된다는 문제가 있었다. 또 종래방법에서는 제7도에 표시한 바와 같이 피드 백신호를 얻는 로온도 검출기(104)는 각제어대(101a)에서 1개소 있으므로 1개소의 로온도를 제어하게 된다. 그런데 통상 가열로에 있어서는 추출단(抽出端)에 가까워짐에 따라 재료온도가 높아지기 때문에 제7도에 표시한 바와같이 버너측 온도가 높게되는 버너설계로 되어있다. 이 때문에 제7도에 표시한 바와같이 전방에 저부하재료, 후방에 고부하재료가 제어대(101a)내에 존재하는 경우 이 고부하재료의 필요로 내온도에 맞추어 로온도가 제어되며, 따라서 항상 로온도 설정치를 높게하지 않을수 없어 연료소비면에서는 큰 손실이 된다는 문제가 있었다.

이 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위해 발명된 것으로서 각 재료의 추출온도를 정밀도있게 제어할 수 있을 뿐아니라 연료소비량을 저감시킬 수 있는 가열로의 로온도 설정방법 또는 연료소비의 손실을 적게하고 제어대의 온도분포를 적당하게 제어할 수 있는 가열로의 가열제어 방법을 얻는 것을 목적으로 한다.

이 발명에 관한 가열로의 로온도 설정방법은 연료유량을 바탕으로 하여 비정상 열밸런스식(非常常熱 balance式)에 의하여 로온도를 계산하는 모델, 이 로온도를 바탕으로하여 로벽온도 분포를 구하는 모델 및 로온도를 바탕으로하여 재료온도를 구하는 모델의 3개의 비선형 모델을 사용하여 연료유량을 단계적으로 변화시키는 섭동법 시뮬레이션에 의하여 선형화하여 연료유량최소의 적정화를 행하고, 재료마다 승온곡선을 구함이 없이 로내에 존재하는 재료의 추출온도를 만족시키는 로온도 설정치를 결정하도록 한 것이며, 또 재료마다 최적로온도를 결정하여 각 연료의 총발열량을 전연료의 총발열량으로 나누어 얻게되는 복수연료의 혼소비율과 로온도설정치를 상기 재료별 최적온도를 사용하여 각각 계산해 설정하도록 한 것이다.

이 발명에 있어서는 로벽온도 분포를 구하는 모델을 포함하는 3개의 비선형 모델을 사용하여 연료유량을 단계적으로 변화시키는 섭동법 시뮬레이션에 의하여 선형화하여 연료유량최소의 최적화를 행하고, 로내에 존재하는 재료의 추출온도를 만족시키는 로온도 설정치를 결정하도록 하였으므로 각 재료에 관하여 연료유량이 최소로되고 더구나 실현가능한 로온도 결정치를 결정할 수 있으며 또한 재료마다 최적로온도를 결정하고 이 재료마다 최적로온도를 써서 복수연료의 혼소비율 및 로온도 설정치를 계산해 설정하도록 하였으므로 로내의 고부하재와 저부하재가 혼재되어 있을 경우에도 재료마다 필요로온도를 만족시키고 더구나 연료유량이 최소로되는 로온도설정치를 얻게되어 정밀도있는 추출온도를 제어할 수 있게된다.

이 발명의 원리에 관하여 설명한다.

제1도는 재료마다 최적로온도의 결정방법을 표시하는 흐름도인데, 도면중, 1은 재료마다 최적온도계산의 제1스텝, 2, 3은 마찬가지로 제2 및 제3의 각 스텝, 5는 로온도계산모델, 6은 로벽온도 계산모델, 7은 재료온도 계산모델, 8은 재료통과위치 로온도의 계산, 9는 평균온도, 균열도(均熱度)의 계산, 10은 선형화계수의 계산, 11은 선형계획법, (LP)의 계산이다.

다음에 상기 흐름도중의 각 모델(5),(6),(7)에 관하여 설명한다. 로온도계산모델(5)는 아래와 같이 구성되어 있다.

제6도에 표시한 바와같이 가열로를 로의 길이방향으로 n개로 분할하고 각 분할된 메시(mesh)에 관하여 각각 다음과 같은 열밸런스 방정식을 세운다.

$$\begin{aligned}
 & C_1 \cdot \frac{dT_{g1}}{dt} \cdots \cdots \text{로의 온도변화} \\
 & = Q_1 \cdots \cdots \text{연료의 현열(顯熱)} \\
 & + H_g \cdot W_1 \cdots \cdots \text{연료 발열량} \\
 & + G_1 + 1 \cdot C_{pg} \cdot T_{g1} + 1 \cdots \cdots \text{상류로부터의 배기가스열량} \\
 & - G_1 \cdot C_{pg} \cdot T_{g1} \cdots \cdots \text{하류로의 배기가스열량} \\
 & + \sum_{j=1}^n K_{1ij} \{ (T_{g1} + 273)^4 - (T_{gi} + 273)^4 \} \cdots \cdots \text{다른 벽시 로온도에 의한 복사} \\
 & + \sum_{k=1}^n K_{2ik} \{ (T_{wk} + 273)^4 - (T_{g1} + 273)^4 \} \cdots \cdots \text{로벽에 의한 복사} \\
 & + \sum_{l=1}^m K_{3il} \{ (T_{sl} + 273)^4 - (T_{g1} + 273)^4 \} \cdots \cdots \text{재료로의 복사} \\
 & + C_2 (T_{w1} - T_{g1}) + C_3 (T_{s1} - T_{g1}) \cdots \cdots \text{로벽, 재료로의 대류} \\
 & - O_{w1} \cdots \cdots \text{스키드(Skid) 냉각수손실} \cdots \cdots (1)
 \end{aligned}$$

여기에서 H_g 는 연료의 단위 유량당의 발열량, C_{pg} 는 배기가스비열, C_i 는 각 메기의 배기가스유량이고, K_{1ij} , K_{2ik} , K_{3il} 은 각각 복사교환계수, C_1 , C_2 , C_3 정수이다.

또, n 은 로장분할수(爐長分割數), m 은 슬래브수(Slab數)이다. 상기(1)은 연료유량 w 이 부여되고, 로 벽온도, 슬래브온도가 기지라고하면 다음과 같이 변형된다.

$$\frac{dT_{g1}}{dt} = \sum_{j=1}^n A_{1j} (T_{g1} + 273)^4 + \sum_k B_{1k} \cdot T_{gk} + C_1 (i=1 \cdots n) \cdots \cdots (2)$$

이것은 n 원연립의 비선형 미분방정식이지만 1시스템전의 로내온도 분포를 출발치로 하여, 시간에 관하여 이산화(離散化)하고 뉴턴법등을 써서 수렴시키면 간단히 새로운 로내온도 분포를 계산할 수 있다. 또 재료온도 모델(7)은 잘 알려져있는 2차원의 열전도 방식에 의하여 다음과 같이 나타낸다.

$$\frac{dT_{s1}}{dt} = \frac{\lambda_s}{C_s \cdot r_s} \left(\frac{d^2 T_{s1}}{dx^2} + \frac{d^2 T_{s1}}{dr^2} \right) \cdots \cdots (3)$$

표면에 있어서의 경계조건은,

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{dT_{s1}}{dx} \Big|_{x=0} &= -\frac{C_{xo}}{\lambda_s} \cdot q_s \\
 \frac{dT_{s1}}{dx} \Big|_{x=d_1} &= -\frac{C_{xd}}{\lambda_s} \cdot q_s \\
 \frac{dT_s}{dY} \Big|_{Y=0} &= -\frac{C_{yo}}{\lambda_s} \cdot q_s \\
 \frac{dT_s}{dY} \Big|_{Y=d_2} &= -\frac{C_{yd}}{\lambda_s} \cdot q_s
 \end{aligned} \right\} \cdots (4)$$

여기에서 x 는 재료의 두께방향, Y 는 재료의 폭방향을 표시하며, d_1 , d_2 는 각각 재료의 두께, 재료의 폭을 나타낸다. 또 C_s , λ_s , γ_s 는 각각 재료의 비열, 열전도율, 비중이고 q_s 는 재료의 표면열유속(表面熱流束)인데 다음식으로 나타낸다.

$$q_s = \sum_{i=1}^n K_{3il} \{ (T_{g1} + 273)^4 - (T_{s1} + 273)^4 \} + C_3 (T_{s1} - T_{g1}) \cdots \cdots (5)$$

식(3)은 식(4)의 경계조건을 사용하면 통상의 차분수법(差分手法)으로 풀수가 있다.

다시 로벽온도모델(6)은 제6도에 표시되어 있는 바와 같이 로장방향 분할마다의 매시내에 있어서 두께방향만의 1차원 열전도 방정식에 의하여 다음과 같이 나타낸다.

$$\frac{dT_w}{dt} = \frac{\lambda_w}{C_w \cdot r_w} \cdot \frac{d^2 T_w}{dx^2} \cdots \cdots (6)$$

로 내표면에 있어서의 경계조건은,

$$\frac{dT_w}{dx} \Big|_{x=0} = \frac{1}{\lambda_w} \cdot \sum_{i=1}^n K_{2ij} \{ (T_{gi} + 273)^4 - (T_w + 273)^4 \} + C_2 (T_{gi} - T_w) \quad \dots\dots\dots (7)$$

로 외표면에 있어서의 경계조건은,

$$\frac{dT_w}{dx} \Big|_{x=d_3} = \frac{1}{\lambda_w} \cdot H_{out} \cdot (T_w - T_{air}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

여기에서 x 는 로벽두께방향, d_3 는 로벽의 두께, C_w, λ_w, γ_w 는 로벽의 비열, 열전도율, 비중을 우선 표시하고 H_{out} 는 외부 열전도율, T_{air} 는 외부온도를 표시하고 있다.

식(6)도, 식(7), 식(8)의 경계조건을 사용하므로써 통상의 차분방정식으로 풀 수 있게 된다.

상기 3개의 모델(5),(6),(7)을 조합하여 사용하므로써 연료유량을 부여하면 로온도, 재료온도, 로벽온도의 현재치를 초기치로 하여 로온도, 재료온도, 로벽온도등 3가지 장래온도를 계산할 수 있다. 다음에 제1도를 참조하여 최적로온도의 결정방법에 관하여 설명한다. 도면중 1은 승온곡선 결정의 제1스텝, 2는 마찬가지로의 제2스텝, 3은 마찬가지로의 제3스텝, 5는 로온도 계산모델, 5는 로벽온도계산모델, 7은 재료온도 계산모델, 8은 재료통과위치 로온도의 계산, 9는 평균온도, 균열도의 계산, 10은 선형화 계수의 계산, 11은 선형계획법(LP)의 계산이다. 우선, 제1스텝(1)으로서, 현재의 유량 W_k 0으로서 전재료가 추출되기까지의 시간, 3개의 모델(5),(6),(7)을 반복하여 사용함으로써 각재료 추출시의 평균온도 \bar{T}_{s0} , 균열도(최고온도-최저온도) ΔT_{s0} , 및 재료통과시 각위치에서의 로내온도 T_{gi0} 를 계산할 수 있다.

다음에 제2스텝(2)로서, 각 연료유량제어대마다 상기 연료유량을 ΔW_k^* 만큼 단계적으로 변화시킴으로써 상기 제1스텝(1)과 마찬가지로 각 유량변화시의 각 재료 추출시 평균온도 \bar{T}_{sk} , 균열도 ΔT_{sk} 및 재료통과시의 로내온도 T_{gik} 를 계산할 수 있다.

다음에 제3스텝(3)으로서, 아래의 선형화계수의 계산(10)을 실행한다.

제2스텝(2)의 처리에 의하여 비선형 방정식의 해답인 추출시 각재료 평균온도, 균열도 및 각재료통과시 각계산존에서의 로내온도는 다음과 같이 선형화 할 수 있다.

$$\bar{T}_s = \bar{T}_{s0} + \sum_{K=1}^{KMAX} P_{1K} \cdot \Delta W_K \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\Delta T_s = \Delta T_{s0} + \sum_{K=1}^{KMAX} P_{2K} \cdot \Delta W_K \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$T_{gi} = T_{gi0} + \sum_{K=1}^{KMAX} P_{3iK} \cdot \Delta W_K \quad \dots\dots\dots (11)$$

여기서 $Kmax$ 는 연료유량 제어대의 수이고 P_{1K}, P_{2K}, P_{3iK} 는 각각유량을 변화시킨 경우의 선형화 계수인데 이는 다음과 같다.

$$P_{1K} = \frac{(\bar{T}_{sK} - \bar{T}_{s0})}{\Delta W_K} \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$P_{2K} = \frac{(\Delta T_{sK} - \Delta T_{s0})}{\Delta W_K} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$P_{3iK} = \frac{(T_{giK} - T_{gi0})}{\Delta W_K} \quad \dots\dots\dots (14)$$

또 각 연료유량은 ΔW_k 를 각 제어대의 변화량 이라고 하면 $W_k = W_k^0 + \Delta W_k$ 로 표시할 수 있다.

연료 최적화를 행한후의 제약조건은 재료의 야금학적제약 및 로조업상의 제약면에서 볼때 다음과 같은 것이다.

$$\left. \begin{array}{l} \bar{T}_{sMIN} \leq \bar{T}_s \leq \bar{T}_{sMAX} \\ \Delta T_{sMIN} \leq \Delta T_s \leq \Delta T_{sMAX} \\ T_{giMIN} \leq T_{gi} \leq T_{giMAX} \\ W_{KMIN} \leq W_K \leq W_{KMAX} \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (15)$$

여기에서 min, max은 각각 하한치 및 상한치를 나타낸다.

또 최적화의 평가관계는 연료최소화이므로 다음과 같이 된다.

$$\phi = \sum_{K=1}^{KMAX} WK \dots\dots\dots (16)$$

식(15)의 제약조건하에서의 식(16)의 최소화는 통상의 선형계획법(LP)의 계산(11)에 의하여 구할 수 있다.

상기 해답의 유량은 각 재료의 최적유량 W_{kout} 이고, 동시에 식(11)에 의하여 각재료의 최적온도 T_{gi*} 가 계산된다.

상기 결과에 의한 각 재료마다의 각 계산존의 최적로온도는 동일한 계산존의 로온도이여도 각 재료의 존재하고 있는 현재위치에 의하여 달라진다.

즉, 최추출측(最抽出側)에 존재하는 재료의 최추출측 계산존의 최적로온도는 당장 설정하지 않으면 안되는 로온도이지만, 최장입측(最裝入側)에 존재하는 재료의 최추출측계산존의 최적로온도는 이재료가 최추출측 위치에 도달하였을때 실현하면 되는 것으로서 기간적으로 늦은 것이다.

그래서 각대의 로온도 설정시간은 아래와 같이 결정한다.

현시각에서 임의 시간후에 로내에 존재하는 전재료의 로내위치를 예상하고, 각 제어대에 임의 시간후에 존재하는 전재료의 각 제어대용 로온도검출기위치에서의 최적로온도를 사용하여 결정한다.

$$T_{gsET} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j \cdot T_{gi*} \cdot J}{C_j} \dots\dots\dots (17)$$

단, T_{gsET} : 제어대설정로온도

n : 제어대에 장래존재하는 재료수

C_j : 재료별 무게

T_{gi*}, j : 재료 j 의 각 제어대용 로온도 검출기위치에서의 최적로온도이다.

다음에 이 발명의 제1실시예를 바탕으로 한 가열로 제어에 관하여 제4도를 참조하여 설명한다.

제4도에 있어서, 복수개의 제어대로 분할된 가열로(101)에는 연소용버너(105), 로온도검출기(104)가 배치되어 있고 로온도 설정기능(106)에 의하여 설정된 각 제어대마다의 설정온도가 되도록 연료유량 제어기(103)에 의하여 유량이 제어되고 있다. (102)는 재료정보간이며 로내재료의 치수, 중량, 추출온도, 로내반송정보등의 재료정보를 로온도설정기능(106)에 지시한다. 로온도설정기능(106)은 현상온도계산기능(20)과 재료별 최적로온도 계산기능(21)과 설정로온도 계산기능(22)으로 구성되어 있는데 주기적으로 기동된다.

현상온도 계산기능(20)은 재료정보를 바탕으로 하여 로온도계산모델(5), 로벽온도계산모델(6), 재료온도계산모델(7)에 의하여 현재의 재료온도를 계산한다.

재료마다 최적로온도 계산기능(21)은 이 발명의 제1실시예에서 설명한 바와 같이 제1도에 표시한 흐름도에 따라 각 재료마다의 최적로온도를 각각 연료최소화상태하에 결정한다.

설정로온도 계산기능(22)은 각 재료마다의 최적로온도를 사용하여 식(17)에 따라 각제어대의 로온도를 계산하여 연료유량 제어기(103)에 설정로온도를 지시한다.

그런데 연료유량을 바탕으로 하여 로내온도, 로벽온도, 재료온도의 각 요소도 고려하여 각 재료에 관하여 연료유량이 최소로되는 로온도설정치를 결정하고 있으므로 실현 가능하고 현실에 맞는 로온도 설정치를 얻을 수 있다.

다음에 각 재료마다의 최적로온도를 써서 각 제어대의 설정로온도 및 혼소비율의 계산방법에 관하여 설명한다.

각 재료의 전로내위치에서의 최적로온도가 계산되고 있으므로 현 시각에서 임의시간후의 각재료의 위치에 대응하는 계산존의 최적로온도를 각 재료의 필요로온도를 한다.

단, 추출측에 존재하여 임의시각후에 추출되어 버리는 재료는 최추출측 계산존에서의 온도로 한다.

이때 각 재료의 위치를 X_j , 필요로온도를 T_{gi*} 로 한다. 도 j 는 재료 $N0$ 를 나타내는 것이다.

지금, 각 제어대이 연료로소 통상의 버너측이 높아지는 로내온도분포를 실현할 수 있는 연료 A(예컨데, 중유)와 버너측에서의 연소를 극력 억제하는 완만연소형 연료 B(예컨데, 전로가스)의 상호 연소온도특성을 달리하는 2종류의 연료가 존재하고 있는 경우를 생각한다.

혼소비율을 아래와 같이 정의한다.

$$\text{혼소비율} = \frac{A\text{연료의 총발열량}}{(A\text{연료의 총발열량}) + (B\text{연료의 총발열량})} \dots\dots\dots (18)$$

상기 혼소비율을 변화시키면 각 제어대에 있어서 동일한 총발열량시에 제2도에 표시한 바와 같이 로내의 온도분포를 변경할 수가 있다.

혼소비율 및 설정로온도는 상기 각 재료의 위치 X_j 와 필요로온도에 의하여 아래의 식으로 결정한다.

$$\text{혼소비율} = K_1 \cdot \frac{N \cdot \sum T_{gi} \cdot X_j - \sum X_j \cdot \sum T_{gi}}{N \cdot \sum X_j^2 - (\sum X_j)^2} \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$\begin{aligned} \text{설정로온도} = K_2 \cdot \frac{N \sum T_{gi} \cdot \gamma X_j - \sum X_j \cdot \sum T_{gi}}{N \cdot \sum X_j^2 - (\sum X_j)^2} \\ \cdot X_T + K_3 \cdot \frac{\sum T_{gi} \cdot \sum X_j^2 - \sum T_{gi} \cdot X_j \cdot \sum X_j}{N \sum X_j^2 - (\sum X_j)^2} \quad \dots\dots\dots (20) \end{aligned}$$

단, K_1 , K_2 , K_3 는 정수 N 은 제어대내 재료수 X_T 는 로온도검출기위치 제3도에 표시한 바와 같이 로내의 고부하재와 저부하재료가 혼재하고 있는 경우에도 정밀도 있게 추출온도를 제어할 수 있을 뿐만 아니라 각 연료의 A, B의 손실을 최소한으로 억제할 수 있다.

다음에 이 발명의 제2실시예를 바탕으로 가열로 제어에 관하여 제5도를 참조해서 설명한다.

제5도에 있어서 복수개의 제어대(101a)로 분할된 가열로(101)에는 연소용버너(105), 로내온도검출기(104)가 배치되어 있고 로온도설정기능(107)에 의하여 설정된 각제어대마다의 되도록 연료유량제어기(103)에 의하여 유량이 제어되어 있다. 102는 재료정보기능인데 로내재료의 치수, 중량, 추출온도, 로내반송정보등의 재료정보를 로온도설정기능(107)에 지시한다.

로온도설정기능(107)은 현상온도계산기능(20)과 재료마다 최적로온도계산기능(21)과 혼소비율, 설정로온도계산기능(23)으로 구성되어 있는데 주기적으로 기동된다.

현상온도계산기능(20)은 재료정보를 바탕으로하여 로온도계산모델(5), 로벽온도계산모델(6), 재료온도계산모델(7)에 의하여 현재의 재료온도를 계산한다.

재료마다 최적로온도계산기능(21)은 이 발명의 제2실시예의 설명에서 말한 바와 같이 제1도의 흐름도에 따라 각재료마다의 최적로온도를 각각 연료최소화상태하에 결정한다.

혼소비율, 설정로온도계산기능(22)는 각 재료마다의 필요로 온도와 위치를 사용하여 식(19), 식(20)에 따라 각 제어대의 로온도를 계산하여 연료유량 제어기(103)에 지시한다.

이 발명은 이상에서 설명한 바와 같이 연료유량을 바탕으로하여 비정상 열밸런스식에 의해 로온도를 계산하는 모델, 로온도를 바탕으로하여 로벽온도분포를 구하는 모델 및 로온도를 바탕으로 하여 재료온도를 구하는 모델의 3개 비선형 모델을 사용하고 연료유량을 바탕으로 하여 로내온도, 로벽온도, 재료온도의 각 요소도 고려해서 각 재료에 관하여 연료유량이 최소로되는 로온도설정치를 결정하고 있으므로 실용가능하고 로내에 존재하는 재료의 추출온도를 만족시키는 로온도설정치를 재료마다의 승온곡선을 구하는일 없이 결정 가능하게 된다.

그러므로 각 재료의 추출온도를 정밀도 있게 제어할 수 있을 뿐만 아니라 연료소비량을 대폭 절감할 수 있는 효과가 있으며, 또한 연료유량을 바탕으로하여 로내온도, 로벽온도, 재료온도의 장래변동도 고려하여 각 재료에 관하여 연료유량이 최소로되고 또 실현가능한 필요로 온도를 결정하고 이것을 바탕으로하여 각 제어대의 로온도를 결정하고 이것을 바탕으로하여 각 제어대의 로온도설정치와 혼소비율을 설정하도록하고 있으므로 로내의 고부하재와 저부하재료가 혼재하고 있을 경우에도 정밀도 있게 추출온도를 제어할 수 있는 동시에 연료유량의 저감효과가 대단히 커지는 등의 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

복수의 제어대를 가진 연속식 가열로의 가열로제어에 있어서, 로내의 재료정보기능(102)으로부터의 재료의 치수, 중량, 추출온도, 로내반송정보등의 재료정보를 바탕으로 로온계산모델(5), 로벽온도계산모델(6), 재료온도계산모델(7)에 의하여 현재의 재료온도를 계산하는 현상온도계산기능(20)과 ; 이 현상온도계산기능(20)의 계산을 바탕으로 승온곡선을 결정하고 각 재료별 최적로온도를 각각 연료최소화상태하에 결정하는 재료별 최적로온도계산기능(21)과 ; 이 재료별의 최적로온도계산기능(21)의 계산을 바탕으로 아래 식(17)에 의하여 각 제어대의 로온도를 계산하여 연료유량제어기(103)에 설정로온도를 지시하는 설정로온도계산기능(22)으로 구성되고, 주기적으로 기동하는 로온도 설정기능(106)을 구비한 가열로의 로온도 설정 및 가열제어방법.

$$T_{gSET} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j \cdot T_{gi}, j}{C_j} \quad \dots\dots\dots (17)$$

단, T_{gSET} : 제어대설정로온도

n : 제어대에 장래존재하는 재료수

C : 재료별 무게

T_{gi}, j : 재료 j 의 각 제어대용 로온도 검출기위치에서의 최적로온도.

청구항 2

복수의 가열제어대를 가지며, 연소온도특성이 다른 복수의 연료를 동일한 제어대에서 연소시킬 수 있는 가열로에 있어서, 로내의 재료정보기능(102)으로부터의 재료의 치수, 중량, 추출온도, 로내반송정보등의 재료정보를 바탕으로 로온도계산모델(5), 로벽온도계산모델(6), 재료온도계산모델(7)에 의하여 현재의 재료온도를 계산하는 현상온도계산기능(20)과, 재료온도계산모델(7)에 의하여 현재의 재료온도를 계산하는 현상온도계산기능(20)과 ; 이 현상온도계산기능(20)의 계산에 의하여 승온곡선을 결정하고 각 재료별 최적로온을 각각 연료최소화상태하에 결정하는 재료별 최적로온도 계산기능(21)과 ; 이 재료별 최적로온도계산기능(21)의 계산에 의한 최적로온도와 각 재료의 위치에서 의하여 아래 식(19) 및 (20)으로 각 제어대의 로온도를 계산하고, 연료유량제어기(103)로 지시하는 혼소비율, 연료유량제어기 설정로온도계산기능(23)으로 구성되고 주기적으로 기동하는 로온도 설정기능(107)을 구비한 가열로의 로온도설정 및 가열제어방법,

$$\text{혼소비율} = K_1 \cdot \frac{N \cdot \sum T_{gj} \cdot X_j - X_j \cdot T_{gj}}{N \cdot X_j^2 - (\sum X_j)^2} \dots\dots\dots (19)$$

$$\begin{aligned} \text{설정로온도} = & K_2 \cdot \frac{N \cdot \sum T_{gj} \cdot X_j - \sum X_j \cdot \sum T_{gj}}{N \cdot \sum X_j^2 - (\sum X_j)^2} \\ & \cdot X_T + K_3 \cdot \frac{\sum T_{gj} \cdot \sum J^2 - \sum T_{gj} \cdot X_j \cdot \sum X_j}{N \sum X_j^2 - (\sum X_j)^2} \dots\dots\dots (20) \end{aligned}$$

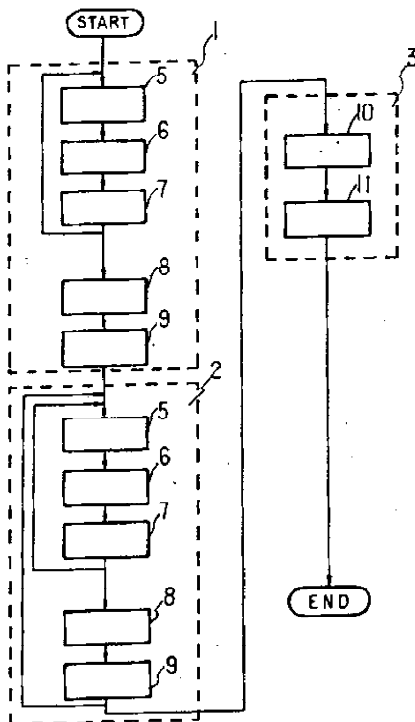
단, K_1 , K_2 , K_3 는 정수.

N 는 제어대내재료수.

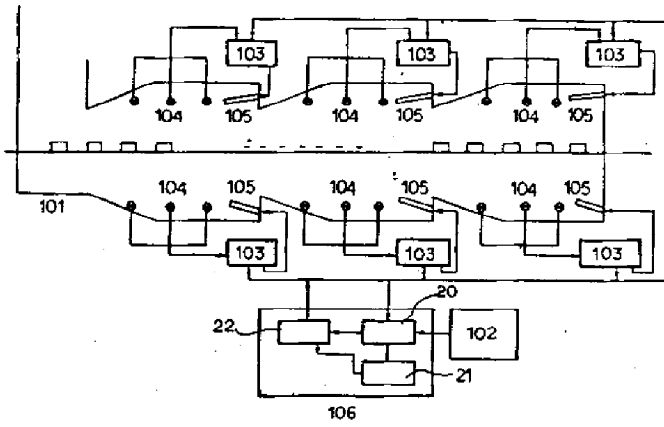
X_T 는 로온도검출기위치.

도면

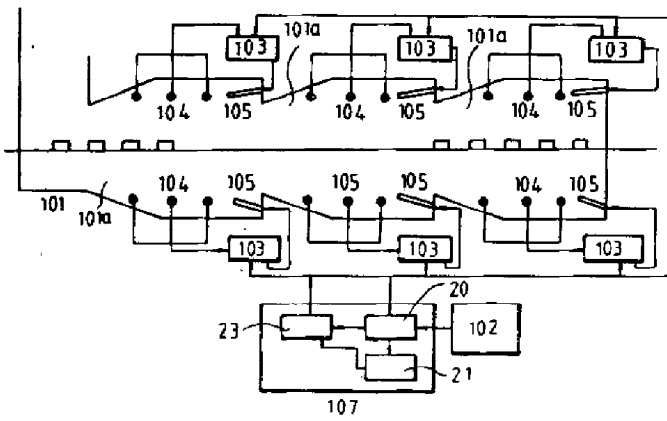
도면1



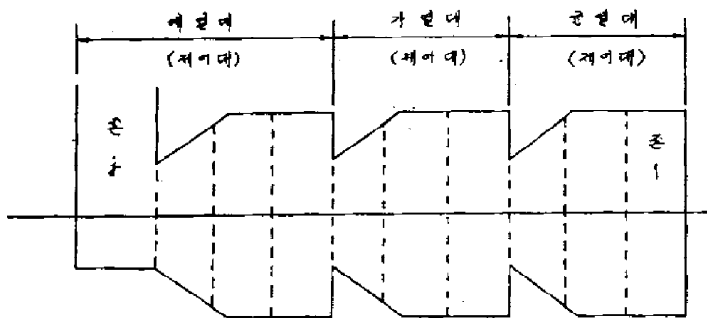
도면4



도면5



도면6



도면7

