

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
C21D 11/00

(45) 공고일자 1996년05월08일

(11) 공고번호 특1996-0006030

(24) 등록일자 1996년05월08일

(21) 출원번호	특1993-0023749	(65) 공개번호	특1995-0014336
(22) 출원일자	1993년11월09일	(43) 공개일자	1995년06월15일
(71) 출원인	포항종합제철주식회사 조말수 경상북도 포항시 괴동동 1번지재단법인산업과학기술연구소 백덕현 경상북도 포항시 효자동 산 32번지		
(72) 발명자	홍성철 경상북도 포항시 효자동 산 32번지 재단법인산업과학기술연구소내		
(74) 대리인	전준항, 손원, 김종윤		

심사관 : 박기학 (책자공보 제4451호)

(54) 강재온도제어를 위한 가열로내 분위기 온도설정방법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

강재온도제어를 위한 가열로내 분위기 온도설정방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 통상의 가열로를 나타내는 개략도.

제2도는 종래의 방법에 따라 강재온도제어를 한 경우 가열시간에 따른 가열로분위기온도, 강재온도 및 균열도 변화를 나타내는 그래프.

제3도는 본 발명에 따른 강재온도 제어를 한 경우 가열시간에 따른 가열로 분위기온도, 강재온도 및 균열도 변화를 나타내는 그래프.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 열간압연 공정에 있어서 강재온도제어를 위해 가열로내 분위기 온도를 설정하는 방법에 관한 것이다.

열간압연 공정에서는 강재를 압연하는데 용이하게 하기 위해 압연기의 용량, 제품품질 문제를 고려하여 압연하기전 강재를 적절한 온도로 가열해주는 역할을 하는 가열로가 있다. 대부분의 가열로는 예열대, 가열대, 균열대로 구분되어 있어 각대의 분위기 온도를 설정하여 강재를 가열한다. 강재온도 제어는 가열로내 상황, 즉 가열로 분위기 온도, 강재의 위치, 그리로 강재의 추출시간등을 고려하여 컴퓨터에서 주기적으로 현재의 강재온도, 추출시 예상강재온도등을 계산한후 이 계산된 값들을 고려하여 가열로 분위기 온도를 설정하여 가열로에 보내는 형식으로 이루어진다.

종래의 강재 온도제어방법으로는 다음과 같은 것들이 있다.

(a) 각대에 있는 강재의 추출목표온도와 목표 균열도(고르게 가열된 정도), 각대의 분위기 온도와 대간 온도차의 조업상 실현가능 범위, 그리고 에너지 최소화를 고려하여 각 대의 분위기 온도를 설정하기 위해 선형계획법을 이용하는 강재온도 제어방법이 있는데, 강재의 추출온도와 균열도를 차분법에 의해 열전도 방정식을 풀어 구하는 경우와 회귀분석을 통해 만들어진 식에 의해 구하는 경우가 있다. 차분법을 이용하면 분위기 온도 설정을 위한 계산량이 많아 계산설정하는데 많은 시간이 필요하며 빠른 주기의 제어와 보다 많은 강재에 대한 제어에 어려움이 있고, 회귀분석식을 이용하면 강재의 추출온도와 균열도가 부정확하게 예측되는 문제점이 있다.

그리고 (b) 강재가 가열로에 장입해서 추출될 때까지 가열로 분위기 온도를 일정한 형태를 따르도록 하는 강재온도 제어방식이 있는데 이 방식은 가열로와 강재의 특성과 강재가 가열로에 머무르는 시간등이 고려된 가열로 분위기 온도 형태가 있어야 하는 단점이 있다.

이와같은 종래의 강재온도 제어는 보다 정확한 강재 온도제어를 위해, 빠르게 강재온도를 예측할 수 있는 계산기능이 좋은 계산기가 필요하며 계산기 구입 비용이 많이 드는 문제가 있고 계산시간 단축을 위해 부 정확한 강재 온도제어가 되는 문제점이 있다.

본 발명자는 상기한 종래 방법들의 제반문제점을 해소하기 위하여 연구와 실험을 행하고, 그 결과에 근거하여 본 발명을 제안하게 된 것으로써, 본 발명은 분위기 온도 설정 방법과 강재 온도 계산방법을 개선함으로써, 개산시간을 단축하여 빠른 주기의 제어와 보다 정확한 강재추출온도 및 균열도 예측에 의해 강재의 추출 목표 온도와 균열도를 얻을 수 있는 가열로내 분위기 온도 설정방법을 제공하고자 하는데 그 목적이 있다.

이하, 본 발명에 대하여 상세히 설명한다.

본 발명은 열간압연 공정에서 강재온도를 제어하기 위하여 n개의 대(Zone)로 이루어진 가열로내 분위기 온도를 설정하는 방법에 있어서, 가열로 입구로부터 K개의 강재의 예상추출온도만을 고려하여 각대의 분위기 온도를 설정하고, n-K개의 대는 강재의 예상추출온도와 예상 균열도를 고려하여 각대의 분위기 온도를 설정하는 강재 온도제어를 위한 가열로 내 분위기 온도 설정방법에 관한 것이다.

이하, 본 발명에 대하여 보다 상세히 설명한다.

본 발명에 따라 가열로내 분위기 온도를 설정하기 위해서는, 제1도에 나타난 바와같이, n개의 대(Zone)로 이루어진 가열로중 가열로의 능력을 고려하여 강재의 예상추출온도만을 고려할 때 즉, K개의 대와 강재의 예상추출온도와 예상추출온도와 예상 균열온도를 고려할 때 즉, n-K개의 대를 선정하여야 한다.

이때, 로온을 설정하므로써, 충분히 추출목표 균열도를 얻을 수 있는 최단 재로시간(강재가 가열로내에 머무는 시간)을 갖는 가열로내의 위치에 있는 대(Zone)를 K+1 대로 선정하는 것이 바람직하다.

다음에, 가열로 입구로부터 K개의 대에 있는 강재의 예상추출온도 (T_m)와 n-K개의 대에 있는 강재의 예상추출온도(T_m) 및 예상균열도(S_m)를 구한다.

상기한 K개의 대에 있는 강재의 예상추출온도(T_m)는 하기 식(1)의 열전달방정식을 Rounge-Kutta법에 의해 풀어 구한다.

$$\frac{dT(t)}{dt} = -\frac{\phi_{cg} A \sigma}{\rho C_p V} (T_g - T(t)) \dots \dots \dots (1)$$

(여기서, T는 강재의 온도, t는 시간, ϕ_{cg} 는 총괄 열흡수율, ρ 는 강재의 밀도, C_p 는 강재의 비열, A는 강재의 표면적, V는 강재의 체적임)

상기한 n-K개의 대에 있는 강재의 예상추출온도(T_m) 및 예상균열도(S_m)는 다음과 같이 구한다. 즉, 하기 식(2)의 열전도방정식을 차분식화한 하기 식(3)에 의해 메쉬(mesh)들의 온도를 구한 다음, 이 메쉬들의 평균온도값을 강재의 예상추출온도(T_m)로, 그리고 메쉬의 최대 온도값과 최소온도값의 차를 강재의 예상균열도(S_m)로 하여 구한다.

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \dots \dots \dots (2)$$

(여기서 T는 강재온도, x,y는 강재의 폭과 두께방향의 길이를 나타냄)

$$T_i(t + \Delta t) = T_i(t) \left[1 - \frac{2}{\Delta X^2} \frac{\kappa \Delta t}{\rho C_p i} - \frac{2}{\Delta Y^2} \frac{\kappa \Delta t}{\rho C_p i} \right] - f_i \dots \dots \dots (3)$$

(여기서, T_i 는 강재의 i번 메쉬(Mesh)의 온도, Δt 는 시간증분, K_i 는 i번 메쉬의 열전도도, ΔX , ΔY 는 메쉬의 폭과 두께방향길이, ρ_i , C_{pi} 는 i번의 메쉬의 밀도와 비열, f_i 는 i번 메쉬의 경계조건이 고려된 함수임) 상기 식(3)에서 Δt 는 하기 식(4)와 같이 선정되는데, 그 이유는 차분법에 의해 가능한 빠른 강재 온도를 계산하기 위함이다.

$$\Delta t = \frac{\rho_i C_{pi}}{2 \kappa_i} \frac{1}{(1/\Delta X^2 + 1/\Delta Y^2)} \dots \dots \dots (4)$$

가열로 입구로부터 K개의 대의 경우에는 상기 식(1)에서 구한 강재의 예상추출온도값(T_m)을 하기 식(5)에 대입하여 각대의 분위기 온도를 설정한다.

$$\begin{aligned} T_g(1) &= T_{go}(1) - a(1) (T_m(1) - T_i(1)) \\ &: \\ &: \\ T_g(k) &= T_{go}(k) - a(k) (T_m(k) - T_t(k)) \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

n-K개의 대의 경우에는 상기 식(3)에 의해 구한 강재의 예상추출온도값(T_m) 및 강재의 예상균열도값(S_m)을 하기 식(6)에 대입하여 각대의 분위기 온도를 설정한다.

$$\begin{aligned}
Tg(k+1) &= Tgo(K+1) - a(k+1) (Tm(k+1) - Tt(k+1)) \\
&\quad + b(k+1) (Sm(k+1) - St(k+1)) \\
&\quad : \\
&\quad : \\
Tg(n) &= Tgo(n) - a(n) (Tm(n) - Tt(n)) \\
&\quad + b(n) (Sm(n) - St(n)) \dots\dots\dots(6)
\end{aligned}$$

(상기 식(5) 및 (6)에서, n, k는 가열로의 대를 표시하는 수

Tg(n), Tgo(n)는 n대의 설정분위기 온도, 현재 분위기 온도

Tm(n), Tt(n)는 n대에 있는 강재의 예상추출온도, 목표추출온도

Sm(n), St(n)는 n대에 있는 강재의 예상추출균열도, 목표추출 균열도

a(n), b(n)는 계수

상기 식(5) 및 (6)에 있어서, 계수 a 및 b는 열손실이 적은 대순으로 큰 값을 주는 것이 바람직하다.

상기와 같이, 가열로 입구로부터 K개의 대의 경우에는 강재의 예상추출온도만을 고려하고, n-k개의 대의 경우에는 강재의 예상추출온도 및 예상 균열도를 고려하여 노내분위기 온도를 설정하므로써, 계산시간을 단축시킬 수 있게 된다.

이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.

[실시예]

가열대와 균열대로 구성된 가열로에 스테인레스강이 장입되어 90초마다 일정한 간격으로 이송되면서 가열되어 추출된다고 하고(가열대 재로시간=3420초, 균열대 재로시간=1800초), 추출목표온도를 1030℃, 목표 균열도를 25℃로 할때, 본 발명방법과 종래의 방법(강재의 온도를 차분법에 의해 구하여 선형계획법에 의해 노온을 설정하는 경우)를 이용하여 강재 온도제어를 행하고, 강재의 추출온도와 강재의 균열도를 조사하고, 그 결과를 종래의 방법의 경우에는 제2도에, 본 발명의 경우에는 제3도에 나타내었다.

이때, 가열로 분위기 온도를 설정하는데 걸리는 계산시간은 본 발명의 경우 35초, 종래방법의 경우 15분이었다.

제2도 및 제3도에 나타난 바와같이, 본 발명의 경우에는 강재온도제어시 추출목표온도와 목표균열도를 얻을 수 있음과 동시에 계산시간이 종래의 방법을 이용할때 보다 18배 이상 단축됨을 알 수 있다.

따라서, 본 발명은 강재온도제어시 강재의 추출목표온도와 목표균열도를 획득함과 동시에 계산시간의 단축으로 빠른주기의 제어가 가능하도록 해준다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

열간압연 공정에서 강재온도를 제어하기 위하여 n개의 대(Zone)로 이루어진 가열로내 분위기 온도를 설정하는 방법에 있어서, 가열로 입구로부터 K개의 각대의 분위기 온도는, 하기 식(1)을 Rounge-Kutta법에 의해 풀어 구한 강재의 예상추출온도를 하기 식(5)에 대입하여 구한 온도값으로 설정하고;

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{\phi c_g A \sigma}{\rho c_p V} (Tg^* - T(t)^4) \dots\dots\dots(1)$$

$$Tg(1) = Tgo(1) - a(1) (Tm(1) - Tt(1))$$

$$Tg(k) = Tgo(k) - a(k) (Tm(k) - Tt(k)) \dots\dots\dots(5)$$

상기 n-K개의 각대의 분위기 온도는, 하기 식(2)를 차분식화한 하기 식(3)에 의해 메쉬(mesh)들의 온도를 구한 다음, 이 메쉬들의 평균온도 값을 강재의 예상추출온도(Tm)로, 그리고 메쉬의 최대온도값과 최소 온도값의 차를 강재의 예상 균열도(Sm)로 하고 이 예상추출온도(Tm)와 예상균열도(Sm)를 하기 식(6)에 대입하여 구한 온도값으로 설정하고;

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$Ti(t+\Delta t) = Ti(t) \left[1 - \frac{2}{\Delta X^2} \frac{\kappa \Delta t}{\rho c_p i} - \frac{2}{\Delta Y^2} \frac{\kappa \Delta t}{\rho c_p i} \right] - fi \dots\dots\dots(3)$$

$$\begin{aligned}
Tg(k+1) &= Tgo(K+1) - a(k+1) (Tm(k+1) - Tt(k+1)) \\
&\quad + b(k+1) (Sm(k+1) - St(k+1))
\end{aligned}$$

:

:

$$\begin{aligned}
Tg(n) &= Tgo(n) - a(n) (Tm(n) - Tt(n)) \\
&\quad + b(n) (Sm(n) - St(n)) \dots\dots\dots(6)
\end{aligned}$$

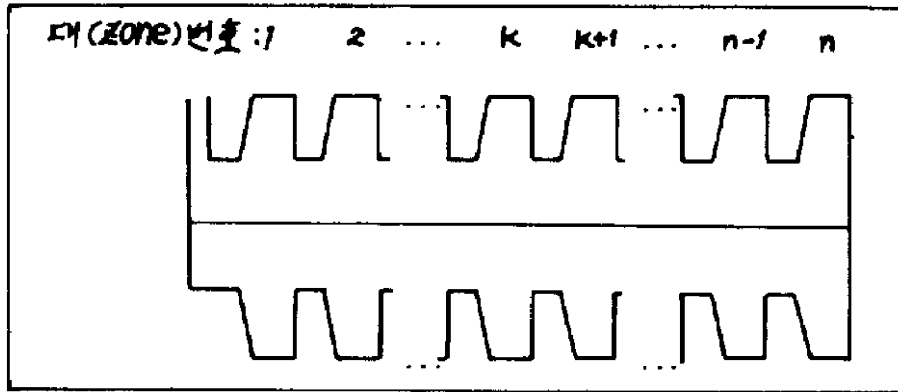
상기 식(3)에 있어 Δt 가, 하기 식(4)

$$\Delta t = \frac{\rho i c_p i}{2k_i} \frac{1}{(1/\Delta X^2 + 1/\Delta Y^2)} \quad (4)$$

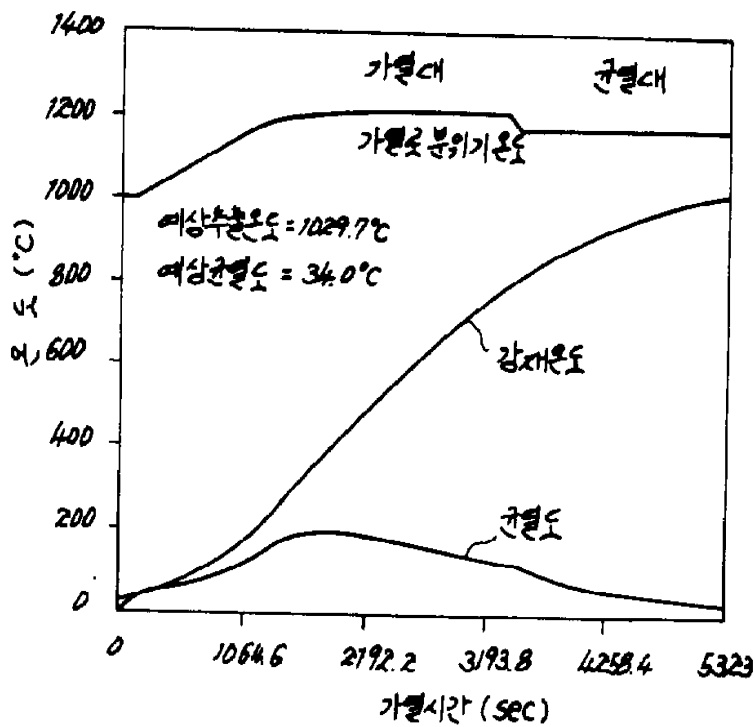
와 같이 선정되고; 그리고, 상기 식 (5) 및 (6)에 있어 계수 a와 b가 열손실이 적은 대 순으로 큰값이 설정되는 것을 특징으로 하는 강재온도 제어를 위한 가열로내 분위기 온도설정방법.

도면

도면1



도면2



도면3

