KAWASAKI STEEL GIHO Vol.14 (1982) No.4

Cold Spot Temperature Control System in Batch Annealing Furnace

	(Sumio Umemo	ot o)	(Toshiolwasal	ki)	(Hirc	akiUeno)
	(Toshikazu K	aihara)	(Norihisa	a Shiraishi)	(Shingo
Fujii)						
:						
				55	5	
			10	55	5	15

Synopsis:

A cold spot temperature control system for the batch annealing fornace has been established in order to reduce energy consumption, to improve productivity and to stabilize the properties of products. This system is celled the "Coil Annealing Prediction System (CAPS)." Through the use of the exact heat transfer model, the CAPS can predict the necessary lowest temperature of each coil in the furnace for producing the coil having the suitable mechanical properties, and stop heating the coils, when the temperature of the coldest point reaches the predicted value. Since its prectical use in May 1980, CAPS has been operating smoothly and achieved more than 10% energy cost saving.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

バッチ式焼鈍炉の加熱完了予測システム Cold Spot Tomporature Control Syntam in Batch Annualism F

Cold Spot Temperature Control System in Batch Annealing Furnace



Synopsis:

مقانه" م<u>انا</u>م (اوم

A cold spot temperature control system for the batch annealing furnace has been established in order to

·	۰	L.,	-		
بدر با			r		-
۰ ^۱					
() ²					
1					
1					
Ľ					
¥					
-					
Î					

nailing Prodiction System (CBDS) " Through the use chile much have been been and all all.





2. 焼鈍炉概要

冷延鋼板の焼鈍方法⁴⁾の一つである,バッチ式 タイトコイル焼鈍炉では,**Fig.1**に示すように, <u>コイルへの伝熱け主としてコイル</u>間に配列された

3. 伝熱シミュレーションモデル

このように、バッチ式焼鈍炉では、外部にとり だされた温度情報のみから炉内の状態を正確に把 握することは、困難である。そこで、これらを解 明するため、焼鈍炉の伝熱シミュレーションモデ

コンベクタープレート内を流れる雰囲気ガスから の対流伝熱によるところが大きい。ところが、コ イル積合わせによりこれら各段コイルまわりの雰 囲気ガス温度や流速を均一にすることは不可能に 近く、各段コイルを一様に加熱、冷却することは 困難である。また、焼鈍炉内の現象を知る温度セ ルを開発した。

- 3・1 インナーカバー内における雰囲気ガス 流速分布
- まず、インナーカバー内の流動現象5)を解明す
- るため、Fig. 2に示すような実機の1/3 縮尺のア

ور <u>ی در م</u>			••••

· f			
τ —			
·			
, 			
<u>k</u>			
v. 			
/			
<u>;</u>			
··•			
**			
·			
<u>,</u>	これ年しひナイトレアウターン、中の輝き	医シー 不法れ 水理子 れ空見むし	電用信ぶっ征理奴取いい
·			
f	•;		

1	982
1	302

インナーカバー内の流量分布を測定した。差圧式 分布は差分方程式によって計算している。 済島測学により、6月~~~~ ٢. كك -11 -

491



7

。 $\beta:定数$ $-1.144X_0+0.058H_0 > 10^{-3} \cdots (7)$ $z \cap \alpha, \beta : 定数$ $J \cap z \in 0$ 間数として表され、伝熱シミュレーショ $J \cap z \in 0$ 間数として表され、伝熱シミュレーショ $V = \pm \pi L z$ よる計算結果から面掃して求められる。 $X_0 : B 取 = 7 L m X_1 : B 取 = 7 L m X_1 : B D \pi = 7 L m X_1 : B D \pi = 7 L m X_1 : B D \pi = 7 L m X_1 : B D \pi = 7 L m X_2 : C D \pi = 1 L m X_1 : D D \pi = 1 L m X_2 : C D \pi = 1 L m X_1 : D \pi = 7 L m X_2 : C D \pi = 1 L m X_1 : D \pi = 7 L m X_2 : C D \pi = 1 L m X_1 : T = 1 L m X_2 : D \pi = 7 L m X_1 : T = 1 L m X_2 : C D \pi = 1 L m X_1 : T = 1 L m X_2 : C D \pi = 1 L m X_2 : D \pi = 1 L m X_2 : C D \pi = 1 L m X_2 : D \pi = 1 L m X_2 : T = 1 L m X_3 : A \pi \oplus (M + m)X_4 : B = 1 D \pi = 1 L m X_5 : D $, ・ 予測開始時ある日海島込古河府に初速	$0 000 \mathbf{W} \setminus 1_{-} (\boldsymbol{T} \boldsymbol{T} \mathbf{N}$
$\alpha,\beta: 定数$ $-1.144X_{0}+0.058H_{0} \times10^{-2} \dots\dots(7)$ $CO \alpha, \beta L, 各投コイル幅, 重量, 炉の加熱能 力などの関数として安され, 伝熱シミュンレーショ ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 X_{0}: DE2 - 1 n幅X_{0}: DE2 - 1 n幅K_{1}: 5 + - 5 = 3 \equiv 3H_{1}: 5 \# 0 m h h h f f f f f f f f f f f f f f f f$			
$ \begin{array}{c} \alpha, \beta : 定数 \\ \hline & -1.144 X_0 + 0.058 H_0) \times 10^{-2} \cdots \cdots (7) \\ \hline & Co \alpha, \beta : L & Sty a 4 n + 46, \pm 45, \pm 5 + 10^{-2} \cdots \cdots (7) \\ \hline & L & L & L & L & L & L & L & L & L &$			
α, β : 定数 -1.144 X ₀ +0.058 H _F)×10 ⁻² ,(7) この α, β は、各役コイル幅、重量、炉の加熱能 力などの累数として表され、伝熱シミュレーショ ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 X _A : A段 (松下段) コイル幅 X _b : B段コイル幅 X _b : D段コイル幅 W ₁ : $f \times \Sigma \equiv \Xi$ H _F : From 連続定力 Fs: 均均基度力 Fs: 均均基度力 Fs: 均均基度力			
α, β :定数 -1.144 X ₀ +0.058 H _F)×10 ⁻²)(7) この α, β は、各段コイル幅、重量、炉の加熱能 X _A : A A段 (最下段) コイル幅 力などの関数として表され、伝熱シミュレーショ X _B : B B \Box 7.0 % ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 X _C : C C 2 コイル幅 χ_{D} : D B 2 コイル幅 X _B : D B 2 コ イル幅 χ_{D} : D D 2 コ イル幅 X _B : T = $T = T = T = T = T = T = T = T = T $			
$a,\beta:定数 -1.144 X_D+0.058 H_F) \times 10^{-2} \cdots (7)$ $co a, \beta l; A { { { } } } A { { } } { { } } 2 o $ $Ja E' o 開数として表され、伝熱シミュレーショ X_R : B { { } } B { } 2 o $ $X_D : D { } B 2 o 1 n # $ $X_D : D { } 2 o 1 n # $ $X_D : D { } D { } 2 o 1 n # $ $X_D : D { } D { } 2 o 1 n # $ $Y_D : D { } D { } 2 o 1 n # $ $Y_D : D { } D { } 2 o 1 n # $ $Y_D : D { } D { } 2 o 1 n # $ $Y_D : D { } B = 1000$ $Y_D : F = 1000$			
$ \begin{array}{c} \alpha,\beta: 定数 \\ \hline & -1.144 X_{\rm D} + 0.058 H_{\rm F}) \times 10^{-2} \} \cdots \cdots (7) \\ \hline & co \alpha, \beta lt, & \delta \gtrless j \neg 1 n \And \\ \beta h z \\ \beta v \\ \neg f n \\ z \\ 0 \\ \hline & 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0$			
$a,\beta: 定数 -1.144X_{b}+0.058H_{F})\times 10^{-2}\}\cdots\cdots\cdots(7)$ この a, β は、各段コイル幅、重量、頃の加熱能 力などの関数として表され、伝熱シミュレーショ ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 20 Coil Coil with (mm) 40 Goil Coil with (mm) 40 Coil Coil Coil with (mm) 40 Coil Coil Coil Coil Coil Coil With (mm) 40 Coil Coil Coil Coil Coil Coil Coil Coi			
$a, \beta: 定数$ $-1.144X_b + 0.058H_F > \times 10^{-2} + \dots + (7)$ $co a, \beta d;$ 各段コイル幅, 重量、炉の加熱能 $X_A : A ţ U (取下段) コイル幅$ 力などの関数として表され、伝熱シミュレーショ $X_H : B t \exists 2 \exists 4 \exists 4$	•		
	10		
α, β :定数 $-1.144X_b + 0.058H_F) \times 10^{-2}$ (7) この α, β は、各段コイル幅、重量、炉の加熱能 X_A : A段(最下段) コイル幅 力などの関数として表され、伝熱シミュレーショ X_B : B段コイル幅 ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 X_C : C段コイル幅 χ_b : D段コイル幅 X_b : D段コイル幅 χ_b : D段コイル X_b : D段コイル幅 χ_b : D段コイル X_b : D段コイル幅 χ_b : D段コイル X_b : D段コイル χ_b : D X_b : D			
$a, \beta: 定数 -1.144 X_b + 0.058 H_F) \times 10^{-2} \cdots (7)$ この a, β は、各段コイル幅、重量、炉の加熱能 X _A : A段 (最下以) コイル幅 力などの関数として表され、伝熱シミュレーショ X _B : B段コイル幅 ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 X _C : C段コイル幅 X_D : D段コイル幅 W_t : チャージ重量 H_F : 炉の加熱能力 T_5 : 均熱温度 T_5 : 均熱温度			
$\alpha, \beta: 定数$ $-1.144X_D + 0.058H_F) \times 10^{-2}$ $\Box \circ \alpha$, β は、各段コイル幅、重量、炉の加熱能 X_A : A段(最下段) コイル幅 力などの関数として表され、伝熱シミュレーショ X_B : B段コイル幅 $\Sigma \in \mathcal{T}$ ルによる計算結果から回帰して求められる。 X_C : C段コイル幅 χ_D : D段コイル幅 X_C : C段コイル幅 χ_D : D段コイル幅 X_D : D段コイル幅 χ_D : D段コイル幅 X_C : SUB χ_D : D段コイル幅 X_C : SUB χ_D : D段コイル幅 X_C : SUB χ_D : D段コイル幅 X_D : D段コイル幅 χ_D : D段コイル幅 X_C : SUB χ_D : D段コイル幅 X_C : SUB χ_D : D段コイル幅 X_C : SUB χ_D : D段コイル幅 X_D : D段コイル幅 χ_D : D段コイル幅 X_C : SUB χ_D : D X_D : D χ_D : D<			
α, β :定数 $-1.144X_D + 0.058H_F) \times 10^{-2}$ $zo \alpha, \beta li, \Delta E g J \Lambda n i i i i i i i i i i i i i i i i i i$			
$a, \beta: 定数 coa, \beta lt, \Delta P \exists 1 / n m m, 重量, 炉の加熱能 力などの関数として表され, 伝熱シミュレーショ ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 X_{B} : B B \Box 1 000fob \rightarrow C 1000fob \rightarrow C 10000fob \rightarrow C 10000fob \rightarrow C 10000fob \rightarrow C 10000fob \rightarrow C 10$			
$a, \beta: 定数 -1.144 X_D + 0.058 H_F) × 10^{-2} \cdots (7)$ $co a, \beta (t, A B (t) 3 A (t) 5 a L (t) + 2 a L ($			
$a, \beta: 定数$ $-1.144X_D + 0.058H_F) \times 10^{-2}$ $co, a, \beta li, \Delta g j = 1 / n @, m g g g g g g g g g g g g g g g g g g $	1 1		
$a, \beta: 定数 con a, \beta di, \Delta p \exists 1 / n m m, m m m m m m m m m m m m m m m m $			
$Com \alpha \beta di, A 投 コイル幅, 重量、炉の加熱能 力などの関数として表され, 伝熱シミュレーショ ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 20 Coil Coil width (mm) 40 60$		a B · 结整	$-1.144X \pm 0.058H$ $\times 10^{-2}$
かなどの関数として表され、伝熱シミュレーショ ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 X_B : B段コイル幅 X_D : D段コイル幅 X_D : D段コイル幅 W_t : チャージ重量 H_F : 炉の加熱能力 T_S : 均熱温度 To FLAM Sector Functions		この α , β は、各段コイル幅、重量、炉の加熱能	X_{λ} : A段(最下段) コイル幅
ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。 X_C : C 段コイル幅 X_D : D段コイル幅 W_t : チャージ重量 H_F : 炉の加熱能力 T_S : 均熱温度 T_S : 均熱温度		力などの関数として表され、伝熱シミュレーショ	$X_{\rm B}$: B段コイル幅
X_D : D段コイル幅 W_t : チャージ重量 H_F : 炉の加熱能力 T_S : 均熱温度 T_F : 時間 日本		ンモデルによる計算結果から回帰して求められる。	X _C : C段コイル幅
$\begin{array}{c} & & \\ & & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & & \\ & & \\ & & \\ & & & \\$			X _D : D段コイル幅
40 40 60 60 60 60 60 60 60 60 60 6		20 Coil Coil width (mm)	W _t :チャージ重量
		40 A 1000	H _F : 炉の加熱能力
		40 B 1000	T_{S} : 均熱温度 \overline{T} · 已無 聖公 下出 中
	<u></u>		,,
		A	
,			
, •	*		
, •, \bullet, \bullet_, \bullet			
		·	
	,		



結

ŧ

7

り、チャージ編成時の作業性も向上した。 なた<u>本加熱学で予測システム開発の基礎と</u>

加熱完了予測システムの開発により、従来は困 難とされていた各段コイルの最冷点到達温度を精 度よく推定することが可能となり、飛躍的に焼鈍 技術の向上が達成できた。その効果としては、各 段コイルの到達温度のばらつきを減少させ、かつ 効率のよい加熱を行うことが可能となり、品質の 安定化が図られたのみならず、燃料原単位で10% 以上、焼鈍能率で約15%の改善が達成された。そ の上、従来細分化されていた焼鈍サイクルも目標 温度を定めることによりグルーピングが容易とな った伝熱シミュレーションモデルでは、コイル等 の温度分布の他に燃料ガス流量やベースファンモ ータの電流値も計算でき、さまざまな角度から焼 鈍炉に関する最適操業法の検討が可能である。

今後さらに本システムのレベルアップを図るに は、成分、熱延条件、冷延圧下率、焼鈍温度など の材質に影響を及ぼす各因子の総合的影響度合を 明らかとし冷延鋼板の材質を制御できる最終工程 の焼鈍で前工程の冶金的条件を加味し、焼鈍温度 をコントロールする冷延鋼板材質制御システムの 開発へと結びつけたい。

参考文献

1) 藤井, 貝原, 飯田, 鮫島, 白石: 鉄と鍋, 66 (1979) 10, 354

2) 貝原,藤井,上野,池田:鉄と鋼,67(1980)4,366

3) 平田. 白石: 鉄と綱. 63 (1977) 4. 170

4) 鈴木ほか:「鉄鋼便覧(日本鉄鋼協会編)」,(1980),〔九善〕

- 5) 白石, 湊, 福井:鉄と鋼, 66 (1979) 10, 353
- 6) 沂江:第3同研究協会部合宝績錫生動恣烈 機械受合 (1969) ٨

×.