

片の中心部に向うにつれて地疵の増大する傾向が認められる。

IV. 結 言

細粒鋼の品質と経済性を同時に確保するためには、鋼の結晶粒度調整剤として広く使用されている Al の添加法を改良することが不可欠の条件である。

ここで、Al 添加時期と細粒鋼の品質に着目し、塩基性電弧炉操業において、炉中添加、取鍋添加、鑄型添加の三時期の鋼材の地疵に対する影響について比較試験を行なった。

その結果、鑄型添加法が可溶 Al 歩留もつとも高く、したがって細粒鋼の地疵を減少せしめるもつとも有力な手段であることが判明した。現在この方法を日常作業に実施している。

(49) 鋼塊内部温度計算に関する 2,3 の検討

八幡製鉄所，熱管理課

工博設楽正雄・〇岡田芳太郎・河野慎一

Numerical Analysis on the Internal Temperature of Ingots.

Masao Sidara, Yoshitaro Okada
and Shin-ich Kawano.

I. 緒 言

鋼塊の注入から均熱炉抽出までの内部温度を知るとは均熱炉操業にたづさわる現場技術者にとって必須の知識であるにもかかわらず、それに関してまとめられたデータは少いように見受けられる。

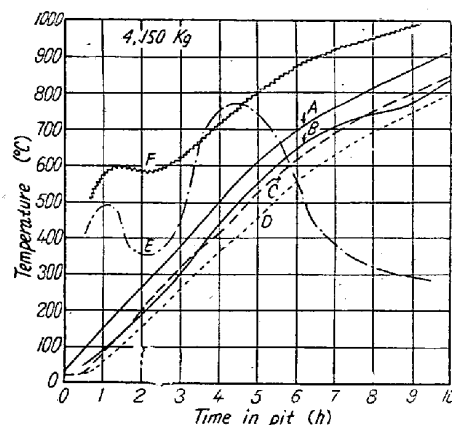
その理由は鋼塊温度の測定が困難であつて経費がかかる上に、たとえ数少ない実験が行われても鋼塊の凝固の問題、二次元系についての伝熱計算の複雑さおよび鋼塊の空冷、加熱の理論的裏付けがむづかしいため、鋼塊の内部温度について現場技術者が使えるような一般的な形で示されていないからである。

われわれは鋼塊の凝固完了時間、空冷および加熱中の鋼塊内部温度の測定値を参考にしながら G. M. Dusinberre の numerical analysis を二次元系に応用して一連の理論計算を行い、技術者が直接参考にできるような算式と図表とを作成した。実験データの少いためと仕事の困難性とのためまだ満足できる段階ではないので、今後も可能な限り検討を続けて行きたいと思う。

II. 実験値へ numerical analysis を適用した一例

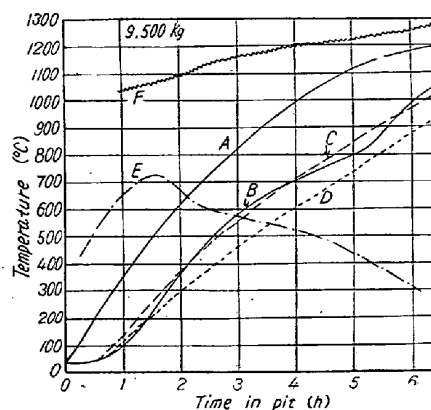
角型鋼塊および偏平鋼塊の冷塊加熱、空冷および熱塊加熱の実測値に numerical analysis (二次元系) を適用してみた処、800°C 前後の変態点をのぞいて良好な近似度を得た。

一例として冷塊加熱の実測値と計算値との比較を示せば Fig. 1, Fig. 2 のごとし。



A : Neighborhood of surface of ingots (experimental)
B : Center of ingots (experimental)
C : " " (numerical analysis)
D : " " (Schmidt method)
E : Heat transfer coefficient (numerical analysis)
F : Flue gas (experimental)

Fig. 1. Comparison between the experimental and calculated values of the internal temperature of ingots (550×550mm).



A : Neighborhood of surface of ingots (experimental)
B : Center of ingot (experimental)
C : " " (numerical analysis)
D : " " (Schmidt method)
E : Heat transfer coefficient (numerical analysis)
F : Flue gas (experimental)

Fig. 2. Comparison between the experimental and calculated values of the internal temperature of ingots (625×1165mm).

ここに計算せる表面熱負荷は鋼塊の頭熱とほぼ一致し、またガスと鋼塊表面(スケール上面)との温度差および総括熱吸収率による伝熱理論値からの熱負荷とも一致した。参考のため Schmidt 作図法(一次元)によつても計算してみた処、図中に示すごとき差があることが判つ

た。

Numerical analysis に使用する鋼塊の分割は Fig. 3 のごとくであり、その計算式の一例は下記のごとくである。

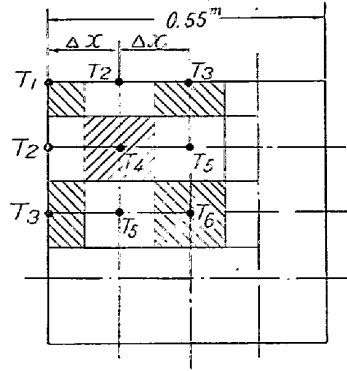


Fig. 3. Devision of ingots.

$$T_1' = \frac{4K_1 \Delta x}{Mk} + \frac{4}{M} T_2 + \left(1 - \frac{4}{M}\right) T_1$$

$$T_2' = \frac{2K_2 \Delta x}{Mk} + \frac{T_1 + T_3 + 2T_4}{M} + \left(1 - \frac{4}{M}\right) T_2$$

$$T_3' = \frac{2K_3 \Delta x}{Mk} + \frac{2T_2 + 2T_5}{M} + \left(1 - \frac{4}{M}\right) T_3$$

$$T_4' = \frac{2T_2 + 2T_5}{M} + \left(1 - \frac{4}{M}\right) T_4$$

$$T_5' = \frac{T_3 + 2T_4 + T_6}{M} + \left(1 - \frac{4}{M}\right) T_5$$

$$T_6' = \frac{4}{M} T_5 + \left(1 - \frac{4}{M}\right) T_6$$

$$\Delta \theta = \frac{c \rho \Delta x^2}{Mk}$$

ただし T_i : 各点温度 ($^{\circ}\text{C}$)
 T_i' : 各点の $\Delta \theta$ 時間後の温度 ($^{\circ}\text{C}$)
 Δx : 分割長さ (m)
 $\Delta \theta$: 分割時間 (h)
 c : 鋼の比熱 (kcal/kg $\cdot^{\circ}\text{C}$)
 ρ : 鋼の密度 (kg/m 3)
 k : 鋼の熱伝導率 (kcal/m $^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}/\text{m}$)
 K_i : 各点への熱負荷 (kcal/m $^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}$)
 M : 伝導係数
 (c と k とは温度による変化を与えた)

III. 鋼塊の表面、中心温度; 凝固完了時間; 最適トラックタイムの求め方

鋼塊が鋳型中にある時および型抜き後の鋼塊温度と凝固完了時間とは当所の製鋼研究課の凝固試験、鋼材研究課の内部温度測定および熱管理課の表面温度測定をそれぞれ参考にして numerical analysis を適用した。最適トラックタイムについては中型の均熱炉 (3750,000 kcal/h 燃料) を想定して、上記鋼塊の加熱から検討した。

求め方は下記のごとくであつて、これより算出せる数値は実際の鋼塊に当てはめて見ればかなり現場実績に役

立つものと思われる。

ただし計算せる鋼塊は一般普通鋼であつて、10t 以上の大型鋼塊についてはなお検討の余地がある。

1. 鋼塊の表面、中心温度

鋼塊の長辺長さの 1/2 を a (m), 短辺長さの 1/2 を b (m), 注入始めからのトラックタイムを τ (h) として

$$X_a = 0.019 \tau / a^2 \quad X_b = 0.019 \tau / b^2$$

Fig. 4 より C_a , C_b , S_b を求めれば

$$\text{表面温度 } T_s = C_a \cdot S_b (1900 - t_s) + t_s$$

$$\text{中心温度 } T_c = C_a \cdot C_b (1900 - t_c) + t_c$$

$$\text{平均温度 } T_m = \frac{T_s + T_c}{2}$$

ただし鋼塊が鋳型中にある時は $t_s = t_c = 700 \sim 750^{\circ}\text{C}$

鋼塊を型抜き後の t_s , t_c は Fig. 5 より求める。

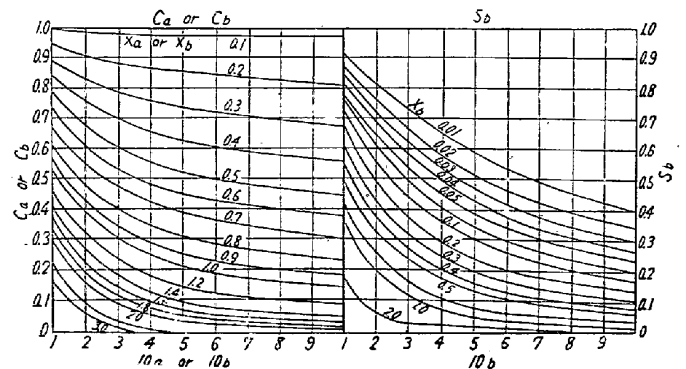
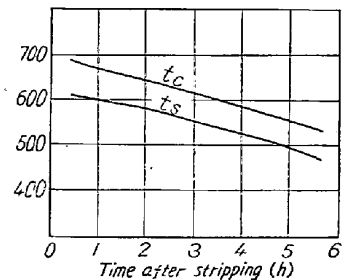


Fig. 4. A. B. Newman's chart.

2. 凝固完了時間

上記中心温度の算式において $T_c = 1480^{\circ}\text{C}$ として逆算より τ を求めればそれが凝固完了時間となる。

Fig. 5. Outside temperature after stripping. 概算値としては、



角型鋼塊 $B^2/45$ (mn) B : 鋼塊短辺長さ (cm)
 偏平 〃 $(B+0.1A)^2/45$ (mn) A : 〃 長辺 〃 (cm)

3. 最適トラックタイム

角型鋼塊 $B^2/60$ (mn)

偏平 〃 $(B+0.1A)^2/60$ (mn)

ただしこれは型抜き直後均熱炉に装入せる場合であつて、空冷時間 30 分につきこの値より 10 分減らす。

文 献

- 1) G. M. Dusenberre "Numerical Analysis of Heat Flow"
- 2) 加藤健 外, 技術研究所, 製鋼研究課, 実験研究報告, 第 31 年—3 号