

621, 1783, 222, 621, 1785.3, 01, 536, 12  
 (104) バッチ焼鈍におけるコイル内

温度分布

東洋鋼鋸下松工場 62284

三好 清司・森下 智

Temperature Distributions within  
 Coil in a Batch-Type Annealing  
 Furnace.

1397~1399  
 Kiyoshi MIYOSHI and Satoshi MORISHITA.

I. 緒 言

一般にコイル焼鈍により製造されたブリキ製品の機械的性質は連続焼鈍のそれと比較して均一性に乏しい。これはコイル状での焼鈍における温度分布の不均一性に起因するといわれる。本報告はブリキ原板用低炭素鋼コイルの現場焼鈍において、温度分布を観察し、これに硬度を関連させ調査したものである。

II. 調査方法

使用した焼鈍炉は直火式箱型炉（コイル3段積×3スタック 100 t/charge）であり、内径 500 mm、外径 1500 mm、巾 770 mm、厚み 0.23 mm、重量 9,200 kg × 9 本のコイルを焼鈍した。

コイル内温度分布調査には Fig. 1 に示すようにコイル内に 10 本の熱電対を挿入し、加熱中 4 h 毎に温度測定を行なった。

さらに上記コイル内温度分布の測温点附近にあらかじめ巻込んでおいた 0.23 mm 厚み×100 mm 巾×770 mm 長さの試料で硬度分布を調査した。本試料の成分値を

Table 1. Chemical composition of inserted specimens (%)

Specimens	C	Si	Mn	P	S
A	0.04	0.01	0.31	0.027	0.032
B	0.02	0.01	0.29	0.012	0.017

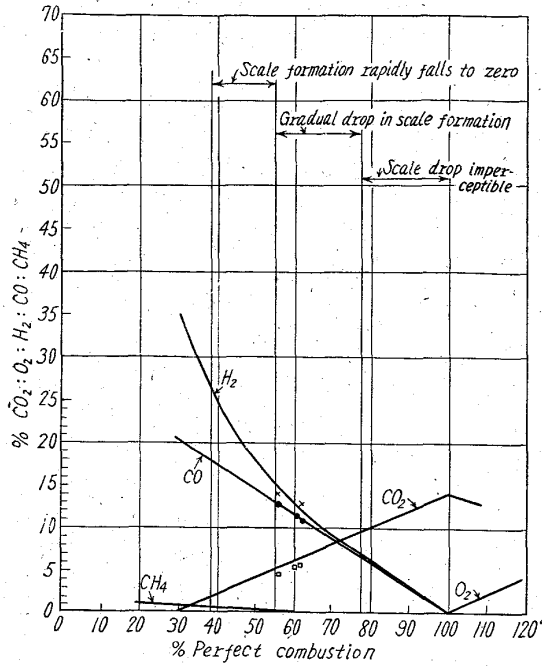


Fig. 4. Exhaust gas analysis of butane gas.

炉内は CO および H<sub>2</sub> の割合が非常に高い雰囲気であるので耐火材料としては、FeO が 1.5% 以下のものを使用している。また主要部分には 60 ないし 90% アルミナ質の耐火物を採用している。

(4) 自動制御装置

被加熱材料の材質に適した雰囲気を作成できるように、1 次空気/燃焼ガス割合を任意に設定できる比率制御方式を採用している。

IV. 操 業 成 績

(1) 燃料はブタンガスを空気で希釈した発熱量約 9,000 kcal/Nm<sup>3</sup> のブタン・エア・ガスを使用した。

燃焼率と雰囲気ガス成分との関係は Fig. 4 に示す通りであるが、我々の経験では炭素鋼ビレットを使用して在炉時間 1.5 ないし 2 h のとき、燃焼率が 70% から 50% の範囲までスケールの発生なしに支障なく作業を続けることができた。

(2) 炭素鋼ビレット直径 203 mm × 長さ 468 mm を毎時 3.8 t の加熱を行なったが、雰囲気ガスの分析結果は、CO : 11.3%, CO<sub>2</sub> : 5.1% であつて、従来の誘導加熱炉で加熱した場合よりもスケールの発生は少なかった。

この時の燃料原単位は連続作業時に約 70 万 kcal/t であつた。

(3) ステンレス鋼の加熱試験でも、スケールの発生はみられなかつた。

(4) 軸受鋼についての加熱押出試験では、当初心配したような装入時のサーマルショックによる割れなどはみられず良好であつた。

V. 結 言

以上、無酸化式回転炉床の設備内容および操業成績について報告したが、さらに適当な炉の操業方法について検討したい。

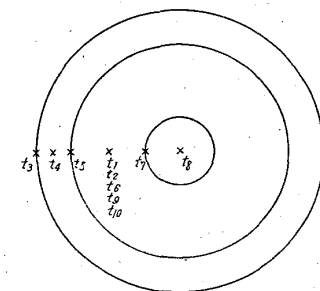
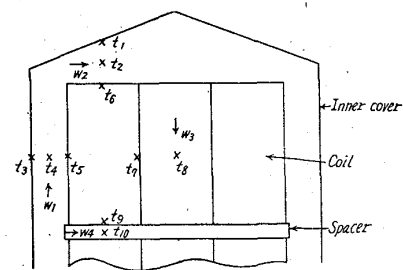


Fig. 1. Location of measuring the temperature *t* and the velocity of gas *w*.

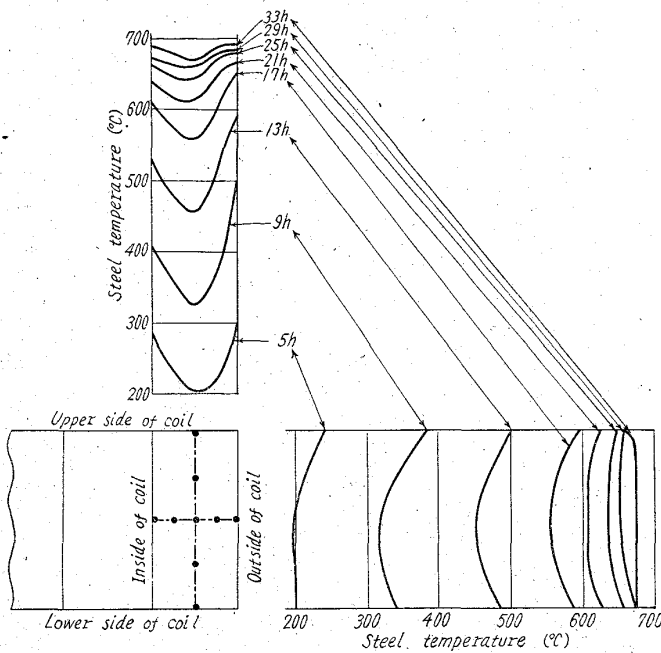


Fig. 2. History of the radial and axial temperature distributions within coil in a direct fired batch type (3 stacks) furnace. (Top coil in the middle stack)

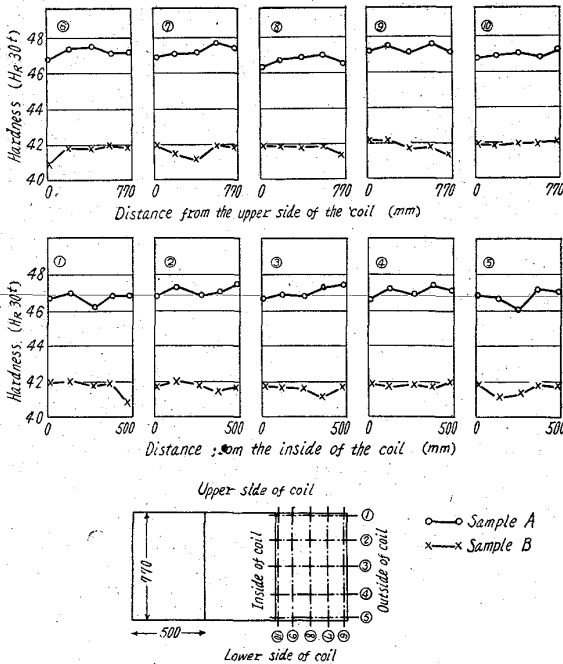


Fig. 3. Hardness variation in identical sheet samples inserted at different locations of the coil. (Top coil of the middle stack)

Table 1 に掲げた。

コイル表面における受熱量計算には Fig. 1 の各点の温度および保護ガス流速を測定した。

III. 調査結果

ブリキ原板を直火式箱型炉において焼鈍した場合の上段コイルの温度分布を Fig. 2 に示した。図示した等温

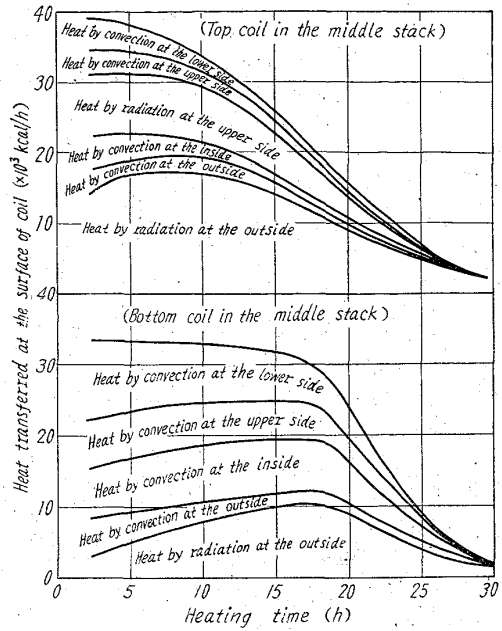


Fig. 4. Heat transferred on to the surface of the coil.

線から判明するように外表面、内表面、上表面および下表面の順で昇温が大きく、内部に入るにつれて温度は低くなっている。すなわち軸方向における温度差は半径方向のそれより小さい。これは熱伝導率に起因し、軸方向対半径方向の熱伝導率は 8 対 1<sup>1)</sup> ともいわれている。加熱後の時間経過にしたがい漸次温度差は短縮され、本調査の場合 670°C 付近では最高点と最低点との差異は約 20°C であつた。勿論加熱時間を延長すれば温度差はさらに短縮するのが当然であるが、経済的観点からみて最小にもつていくべきである。コイル内硬度分布を Fig. 3 に示した。試料 A および B は Fig. 2 のコイル内温度分布調査コイルに巻込んだものである。温度差およびある温度以上での時間差が相当あるのにもかかわらず半径方向および軸方向の大きな硬度差は認め難い。もし最低点十分に焼鈍されてしまえばコイル内の位置による焼鈍時間の相違はブリキ原板の機械的性質にほとんど影響しないであろう。

一般にコイルの外表面は主として輻射および対流により加熱され、コイルの上、下および内面は対流により加熱される。そしてこの各々の熱はコイル内に伝導される。前記試料 A および B を焼鈍した場合の上段コイルと下段コイルとにおける表面受熱状況を Fig. 4 に示した。これは下記の式<sup>2)</sup>により計算したものである。

- 1) ガス 輻射  

$$Q_{H_2O} = 35 \cdot \epsilon \cdot Sp^{0.8} r^{0.6} [(T_g/100)^3 - (T_w/100)^3]$$
  - 2) 固体 輻射  

$$Q = c \cdot S [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$$
  - 3) ガス 対流  

$$Q = a(t_i - t_j)S$$
- ここで  $a$  は熱伝達率であつて、
- (a) 管内を流れる場合  

$$a = (3.55 + 0.00168 t) \cdot \omega_0^{0.75} / d^{0.25}$$
  - (b) 平板を流れる場合

$$\begin{aligned} \omega \leq 5 \text{ m/s のとき} & \quad a_{\text{ロール}} = 5.0 + 3.4\omega \\ & \quad a_{\text{粗}} = 5.3 + 3.6\omega \\ \omega > 5 \text{ m/s のとき} & \quad a_{\text{ロール}} = 6.14\omega^{0.78} \\ & \quad a_{\text{粗}} = 6.47\omega^{0.78} \end{aligned}$$

ここで、

- Q: 熱伝達量 (kcal/h),  $\epsilon$ : 黒色度,
- $p$ : 輻射ガスの分圧 (1 atm=760 mmHg),
- $r$ : ガス層の厚さ (m),  $\omega$ : ガス流速 (m/s),  
 $\omega_0$  は標準状態に換算した平均流速,
- S: 熱伝達面積 (m<sup>2</sup>), T: 絶対温度 (°k),
- $c$ : 輻射係数 (kcal/m<sup>2</sup>h (°k)<sup>4</sup>),
- $a$ : 熱伝達率 (kcal/m<sup>2</sup>h (°C)),
- $d$ : 管の内径 (m),  $t$ : 温度 (°C)

上段コイルは受熱量の大部分を輻射により受けるに対して、下段コイルは対流によつてである。また上段コイルは下段コイルに比べて、所定受熱量の大部分を点火後初期に受けていることが判る。なお Fig. 4 はコイル表面に伝受された熱量を示すものであつて、コイル芯部への熱伝達量は軸方向と半径方向とにおいて異なる。これは熱伝導率の相違に起因するものであり、軸方向の熱伝達量は半径方向よりも大きくなる。

文 献

- 1) H. H. ARMSTRONG and F. F. SCHLITT: AISE, 24 (1947), p. 303~311.
- 2) ALFRED SCHACK: "Der industrielle Wärmeübergang", (1940), Düsseldorf, Stahleisen.

621.783, 223

(105) 5 带式連続加熱炉について

富士製鉄広畑製鉄所

加藤公博・○田中俊章・村田全弘・大槻直樹

On the 5-Zone Continuous Reheating Furnace.

Kimihiko KATO, Toshiaki TANAKA,  
Masahiro MURATA and Naoki OTSUKI.

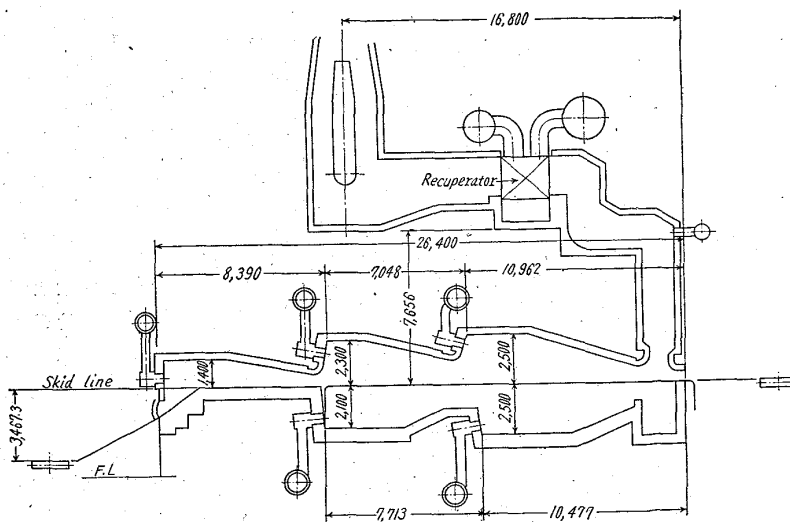


Fig. 1. The 5-zone furnace and the recuperator as shown in a cross section.

I. 緒 言

第2次合理化の一球として、加熱能力増強のために重油専焼(ただし均熱帯のみガス)の5带式連続加熱炉を新設した。基本設計は当所にて行ない、従来の加熱炉に比較して種々の斬新な企画を折り込み、予期以上の実績を収めたので以下に報告する。

II. 構造およびその特色

概略の構造図を Fig. 1 に示す。従来の連続加熱炉に比較して特色を述べると、

(1) 5 帯加熱方式

従来の炉と炉長、炉巾を同一にして能力を上げるために上下予熱帯、上下加熱帯、均熱帯の5带式とし急速加熱ができるようにした。

(2) 鋼片上下面別の燃焼廃ガスの流量制御

上下部間の焰の干渉をなくし燃焼を良好にする目的で設計された。すなわち煙道を上部からの廃ガスと下部からの廃ガスに分けてレキュペレーター差圧によつて各煙道ダンパーの開度を調節して流量制御を行なう。

(3) エジェクター煙突を炉体上部に設置

敷地節減ならびに基礎費節減の目的で炉体上部にエジェクター煙突をとりつけた。

(4) メタリックレキュペレーター方式

タイルは容積、重量共に過大となり炉体上部にとりつけるのに不適当である。メタリックレキュペレーターとしてコンポジット型を採用した。効率のいい反面寿命が短く高価で、種々の保護装置を必要とする。

(5) 自己恒圧バーナー

従来のバーナーは圧力噴霧型式であり流量が定格値付近では良好な霧化状態が得られるが、流量が少ない時には霧化不良となり局部過熱の因となつた。この欠点を除くためにノズル先端の噴出面積を重油流量によつて変化させ常に同一の流速で噴出できるような構造とした。

(6) 予熱帯・加熱帯の低流量時の燃焼方式

保熱時にバーナーの焰が短くなりリントル下部などは温度が下る。これを防止するため各帯6本のバーナー中2本のみを点火できるようにし炉内温度の均一化をはかつた。

(7) 均熱帯炉床延長

隣接する炉と炉長は同じとし均熱帯のみ800mm 延長し、スキッドマークの減少につとめた。

(8) 渦巻型スキッドパイプ

スキッドマークを減少させるために加熱帯においてスキッドパイプを1回渦巻型に回転させ、ルールをパイプ径だけずらせた。ただしスラブ寸法に若干の制限が生じる。

(9) 均熱帯を2帯に制御

傾斜加熱を目的として均熱帯を2つに分けて別個に制御を行なう。

(10) 天井・側壁の断熱強化

側壁の厚みを大にし(520mm)断熱材も良好なものを使用し熱放散を防いだ。

(11) その他計装関係全面改良

セミグラフィックパネルを採用して近代的明るいものとした。また温度制御の制御