

(131) 均熱炉における鋼塊の温度について

(均熱炉鋼塊加熱に関する研究-I)

日本鋼管, 鶴見製鉄所

二上 愛・松田 一敏  
安居 孝司・○鈴木 基也

On the Ingot Temperature in Soaking Pit  
(Study on heating of ingot in soaking pit-I)

Kaoru NIKAMI, Kazutoshi MATSUDA  
Takashi YASUI and Motoya SUZUKI

1. 緒 言

均熱炉における操業は鋼塊を圧延基準に適合する温度に熱し, かつその鋼塊温度分布を均一にすることを目的とするが, 炉内温度を一点だけ検出して, その温度を制御する方法により鋼塊温度分布を均一にすることは操業上の種々の制約条件により有限時間内では不可能である. 圧延に際しては鋼塊の温度分布を完全に均一にする必要はなく, ある許容温度差以内であれば, さしつかえない. それゆえ, その温度差の範囲に入った時間を焼上り抽出時期とすることができる.

加熱の状況に即応した鋼塊の抽出基準を適切に定め, これから抽出時期を予測する. この目的のためにまず均熱炉内の鋼塊の加熱状況を調べ, さらに炉の熱損失, 炉の熱収支から鋼塊に吸収された熱量を予測する方法を調べたので, その概要を報告する.

2. 試験方法

鋼塊を型抜後, 上下部の中心および表面部に熱電対を埋め込み, 均熱炉に装入し, 温度変化を測定した. あわせて操炉の諸計測値をとり, 検討した.

2.1 試験対象均熱炉

- 型 式 : 上部2方向焚換熱式
- 燃 料 : C重油
- 炉床長×巾×深さ : 6700×3600×4050 mm
- 炉床面積 : 23.67m<sup>2</sup>
- 予熱装置 : タイルレキュペレーター
- 加熱能力 : 9t/h/hole
- 換熱器漏洩率 : 北側 19.0%  
南側 17.5%

2.2 試験鋼塊

- 鋼 種 : 普通鋼 6 t 偏平鋼塊
- 装入本数 : 13~16本
- 装入重量 : 70~85 t
- トラックタイム : 3hr50 min~5hr43 min

2.3 試験鋼塊寸法・測温箇所・装入位置

2.4 測定条件

- 最大設定重油流量 : 400~450 l/hr
- 設定炉内温度 : 1320°C
- 急速加熱 : なし
- PI調節計 : 比例帯 12%  
リセット率 0.35 1/min

3. 試験結果とその検討

3.1 熱塊の昇温について

熱塊の測温結果の一例を Fig. 2 に示す. 装入時の温度は表面と中心では当然中心の方が高

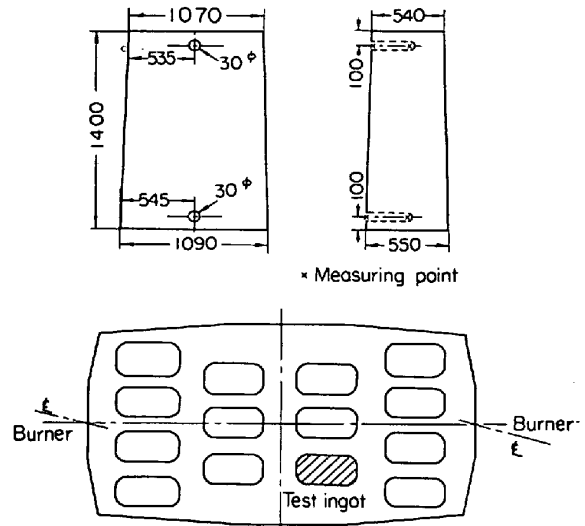


Fig. 1. Dimension of test ingot measuring point and position of test ingot in soaking pit.

い, 装入時において表面温度は燃焼ガス, 炉壁の輻射をうけ, また中心部からの伝熱が重なるため急速に上る. 中心温度特に下部中心温度は装入後 10~15 min 位は下がり気味でその後も加熱期において昇温速度は表面に比して小さくほぼ一定で上部表面との温度差は加熱期終了前後において約 400 deg と最大になり, 下部中心温度は 800°C 前後で, その時点から下部中心の昇温速度は急に大きくなる. その変化の割合はトラックタイムが短いほど顕著である. 4 点の温度測定の結果温度の高いのは上部表面, 上部中心, 下部表面, 下部中心の順で, これは全試験において同じ結果になっている. 上部の表面と中心とは温度差も小さく, 抽出時にはほとんど一致し, 鋼塊上面からの伝熱が非常に大きいことを示している. 下部表面については装入時, 昇温速度は上部表面と同程度に上るが, ある温度からは急に上らなくなる. それが下部中心温度がなかなか上らない原因にもなっている. 装入時には炉床と接することにより炉床からの伝熱が大き

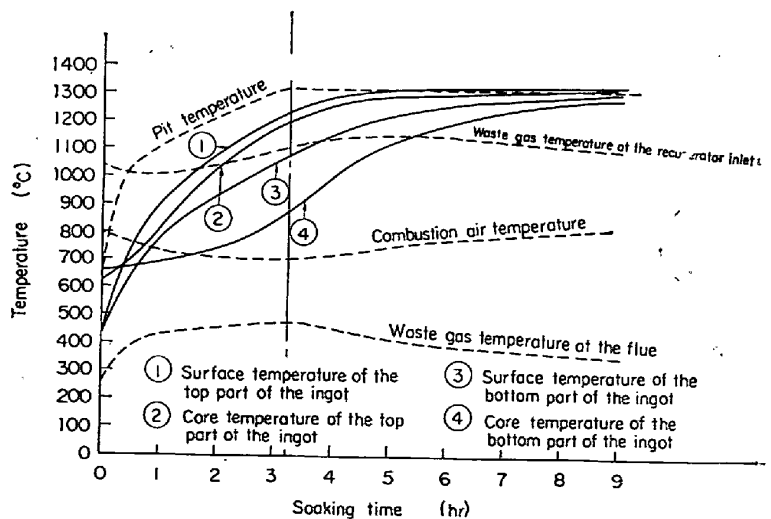


Fig. 2. Relations between ingot temperature, waste gas temperature, and combustion air temperature and soaking time.

いが、ある程度温度が高くなると炉床からの伝熱は無視しうる程度になり、炉壁、燃焼ガスからの輻射伝熱だけとなり、炉床付近のガス温度はそれほど高くなく、伝熱の幾何学的効率も悪く、熱伝達係数が上部に比して小さいと思われる。

抽出時鋼塊において最も温度の低いのは4点の温度分布より下部中心であると思われる、この最低温度は抽出基準を定める上で最も重要である。この温度が圧延に適する最低限度以上の温度であればよい。最高温度と最低温度の差は現操業において約 50 deg あり、鋼塊の圧延には何ら支障を来たしていない。したがって最低温度が抽出基準温度に達するという事で抽出時期の予測ができることになる。中心部への伝熱は表面からの熱伝導だけであることを考えれば最低温度である下部中心温度を速かに上げることであり、燃焼方法を改善すれば均熱時間の短縮能率の向上などを行なうと考えられる。

3.2 鋼塊含熱量について

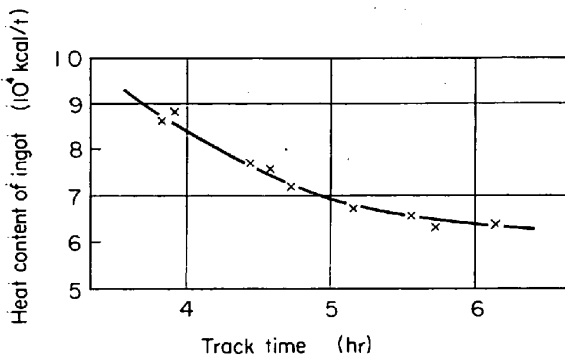


Fig. 3. Relation between heat content of ingot and track time.

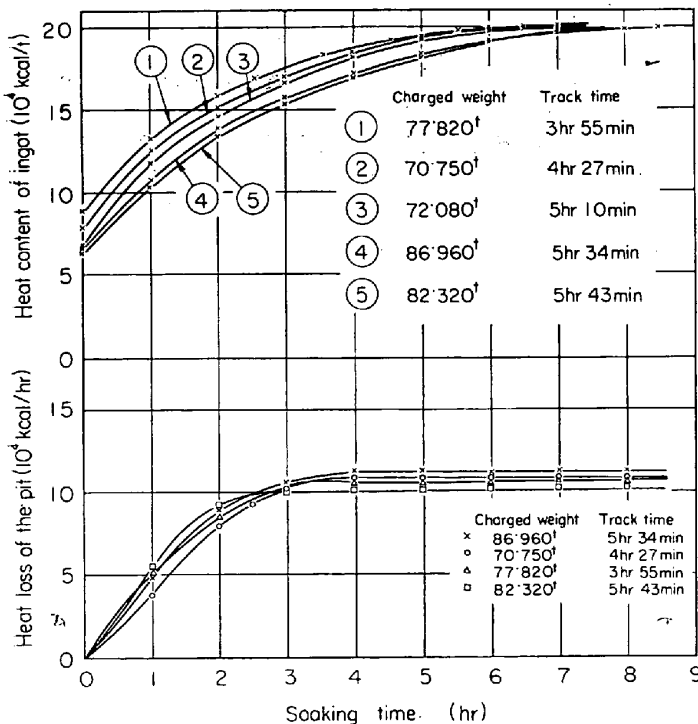


Fig. 4. Relation between heat content of ingot and heat loss of the pit and soaking pit.

鋼塊抽出時期の予測をその含熱量から行なうのは正確な温度分布を考えない平均温度として扱えるので都合がよい。

装入鋼塊の含熱量は一般に鋼塊型、外気温度、出鋼から型抜までの時間、トラックタイムなどによつて異なる<sup>2)</sup>。試験においては鋼塊型は固定し、外気温度はその変動が鋼塊温度に比して小さいので一定とし、出鋼から型抜までの時間については大きな変動はないし、正確な含熱量が抑えられない現在ではトラックタイムと鋼塊型だけで十分と考えられるので考慮しない。

装入鋼塊の含熱量は Fig. 3 に示すごとくトラックタイムに対してほぼ指数函数的に減衰する。鋼塊の含熱量の加熱時間に対する推移は Fig. 4 のとおりで、装入時の鋼塊含熱量によつて異なると考えられる。抽出時の含熱量は約  $2 \times 10^5$  kcal/t で平均温度にして約 1280°C である。加熱期終了時の鋼塊含熱量がトラックタイムに関係ないとすれば、全加熱時間は加熱時間の変動に依ることとなり、加熱期終了後の均熱時間は最大設定重油流量が同じであれば装入重量により一意的に決まると考えられる。

3.3 加熱時間とその要因

加熱時間は一般にはトラックタイム、最大設定重油流量、装入重量によつて決定されると考えられる。特にトラックタイムとは密接な関係があり、単相関においては Fig. 5 に示すごとく、ほぼ直線関係にあり、トラックタイム 1 hr 増すごとに加熱時間は約 42 min 増す。最大設定重油流量、装入重量についても直線関係が成立するものとして、重回帰平面を求めた。その結果は

$$Y = 0.7873X_1 - 0.003098X_2 + 0.01319X_3 - 0.4824$$

Y : 加熱時間 [hr]

$X_1$  : トラックタイム [hr]

$X_2$  : 最大設定重油流量 [l/hr]

$X_3$  : 装入重量 [t]

であつた。トラックタイムについては相関はかなり高かつたが、重油流量、装入重量については低かつた。傾向としては最大設定重油流量が増せば加熱時間は短縮し、装入重量が増せば、加熱時間は延長するが、トラックタイムほど顕著には影響しない。

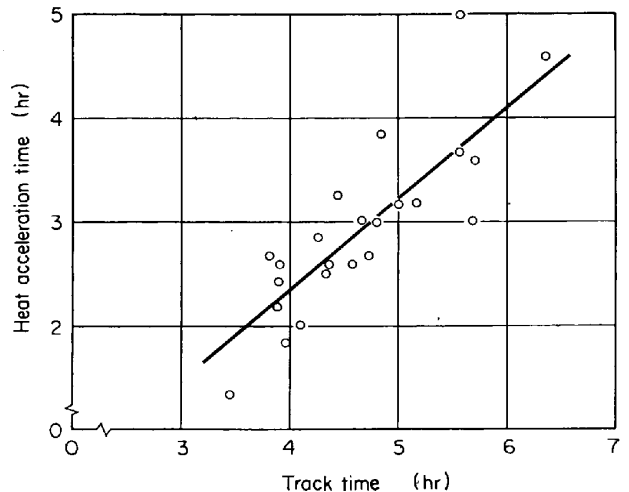


Fig. 5. Relation between heat acceleration time and track time.

加熱時間を決定している炉内温度は熱電対の位置に関係するであろうし、燃焼ガスの輻射、対流、炉壁からの輻射、鋼塊からの輻射などの伝熱によつて決まるものである。熱電対取付位置から考えると取付位置の炉壁温度に近いものと思われるが今後明らかにする必要がある。

### 3.4 炉内温度、2次空気温度、煙道排ガス温度

炉内温度から鋼塊温度を一意的に推測することは炉内温度が前述のごとく種々の要因を含み複雑であるため不可能である。しかし炉の操業状態は炉内温度の推移からある程度推測できる。炉内温度の上昇は装入鋼塊の含熱量、装入重量、重油流量によつて異なるがある一定のパターンをもっている。1000~1100°C 位までは短時間で上り、装入時の炉内温度は日常操業の範囲ではほとんど問題にならない。その後直線的に上昇し、設定温度に達する。オーバーシュートはほとんどない。(比例帯12% リセット率 0.35 l/min)

炉壁温度分布がわかれば、炉損失がわかり、炉の効率も推測でき、燃料の燃焼熱から鋼塊の含熱量が計算できる。それゆえ炉内温度は炉壁温度分布を知る上で有力な情報量であることがいえ、2次空気温度、排ガス温度も炉の入出熱を計算する上で必要である。2次空気温度、煙道排ガス温度の推移は Fig. 2 に示すとおりである。

### 3.5 炉損失

炉損失を定量的に把握できるなら、前述のごとく鋼塊の含熱量は推定できることになる。炉損失は炉壁より熱伝導により外部に逃げる熱量、炉壁に蓄積される熱量、炉蓋隙間より外気に逃げる熱量などの和であるが、それは炉の操業状況によつて決まる。炉壁温度が均一になつた場合には炉損失は一定であると考えられ、それは装入条件には無関係である。

1hr ごとの熱バランスを計算した結果の炉損失は Fig. 4 に示すとおりであり、炉壁温度が安定したと考えられる均熱期においては装入重量にはほとんど依らないことを示している。しかし加熱期においては炉壁温度は一定でないから炉損失は一定でなく炉内温度だけから炉損失を決定することはできない。一般に炉損失は次の函数形と考えられる。

$$Q(t) = Q(X_1, X_2, X_3, X_4, t) \quad 0 < t \leq T_1$$

$$Q(t) = Q_0 \quad t > T_1$$

$Q(t)$ : 炉損失 [kcal/hr]

$X_1$ : トラックタイム [hr]

$X_2$ : 最大設定重油流量 [l/hr]

$X_3$ : 装入重量 [t]

$X_4$ : 炉内温度 [°C]

$t$ : 装入後の時間 [hr]

$T_1$  は炉壁温度が一定する時期で加熱時間に密接な関係があると思われる。 $t > T_1$  においては炉損失は一定量  $Q_0$  になる。この  $Q_0$  は炉自体の特性であり、個々の炉により異なり、経年による炉壁、炉床のいたみで大きくなる。そのため1ヒートにおける炉損失の変化だけでなく、長期間における均熱期での炉損失を把握する必要がある。

## 4. 結 言

炉損失から鋼塊含熱量を逆算して推定する方法は非常に誤差が大きくなる危険性を含んでいる。しかし鋼塊

含熱量自体が多くの変因により複雑で実測が難しい。単なる焼上り重油流量、均熱時間より焼上り抽出時期を決定するより、炉損失を定量的に把握できれば、他の入出熱に関する情報量は計測が容易であるから、それらからの焼上り抽出時期の方が精度良い推定ができることは明らかである。

抽出鋼塊の焼上り具合の適否については表面温度の測定と圧延における変形抵抗の測定により、その偏差分を炉損失の補正として帰還して、次回ヒートの鋼塊含熱量の推定を行なえばよい。今後は炉損失の定量化を進め特に炉内温度と炉壁温度分布の関係、鋼塊位置による伝熱の相違について明らかにしていく考えである。

## 文 献

- 1) R. KREMER: Neue Hütte, 6 (1964), p. 358
- 2) 千原, 白井: 日本鋼管技報, 36 (1966), p. 10

## (132) 加圧凝固による型用鋼材の製造研究

日本製鋼所, 室蘭製作所

鹿野昭一・○佐々木誠・曾我政雄

Study of Manufacturing Die Block by Direct Forging on the Molten Steel under High Pressure

Shōichi SHIKANO, Makoto SASAKI and Masao SOGA

### 1. 緒 言

溶鋼を高圧下で凝固させることによつて、収縮孔、気泡、微小空隙(ザク疵)などの欠陥防止ならびに押湯の節約などとあわせて偏析の少ない均質鋼塊の製造が可能である<sup>1)</sup>。

加圧凝固のこのようなすぐれた作用を効果的に活用しうる製品のひとつとして型用鋼材を選び、実用化と新製造方式について実験を行なつた。

### 2. 従来の製造法による型用鋼材の問題点

型用鋼材は主として自動車部品等の型打鍛造の金型として用いられているが、使用条件が苛酷であつて、要求性能もかなり高度である。型用鋼材に対する第1の要求は金型の寿命の長いこと、第2には低価格であることである。

#### 2.1 金型の寿命

金型の寿命に関する因子としては型打作業条件による要因も多数あつて、型寿命が必ずしも型用鋼材そのものの品質に直接結びつかないが、型打作業条件に関する諸因子を同一条件下におくと、靱性-抗張力(降伏点)、3方向の材力、内外部の材力および非金属介在物などが型用鋼材の型寿命を左右する代表的特性値として上げられる。

#### 2.2 コスト

従来法による型用鋼材の材料歩留は他の中型鍛造品に比較して良好ではあるが、鍛造用鋼塊には鋼塊底部の湯溜りと押湯を必要とするため 70~75% の低い歩留である。また鋼塊の不均一性と方向性を破壊し深部まで十分な鍛造効果を与えるための鍛造(例えば六面鍛造)の費